ZENIT 6

6e jaargang / juni 1979
Prijs: ƒ 4,95 / voor België: 70 F

populair wetenschappelijk maandblad over
sterrenkunde/weerkunde/ruimtevaart/ruimte-onderzoek/aanverwante wetenschappen en technieken



In dit nummer ondermeer

Namen en adressen

Nederland

Stichting 'De Koepel'
Voorzitter: Dr. T. de Groot
Sekretaris: K. J. van Amerongen.
Penningmeester: S. J. Sampiemon
Leden: J. A. de Rijk, B. van Sprang.
Adres sekretariaat: Nachtegaalstraat 82-bis 3518 AN Utrecht

Bureau 'De Koepel', Nachtegaalstraat 82-bis, 3581 AN Utrecht, telefoon 030-311360
Stafmedewerker: Drs. M. M. A. Drummen
Stafmedewerker: F. Reijmerink
Administrateur: H. G. M. Verstappen
Sekretaresse: mevrouw J. D. van Middelkoop-Alberts
Redactieadres ZENIT: Bureau 'De Koepel'

Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde
Voorzitter: E. K. Wubbena. Sekretaris: A. H. van der Brugge. Adres: Einsteinstraat 9 2871 KW Schoonhoven. Penningmeester: S. J. Sampiemon. Leden: T. de Groot, H. R. A. Wessels, H. W. Verheijen, consul voor de afdelingen, B. Zwart, W. F. Gielingh, B. W. M. van Sprang

Instrumentenkommissie:
Voorzitter: A. Mak
Sekretaris: S. J. van Leverink, Honthorstlaan 390, 1816 TN Alkmaar

Stichting Volkssterrenwacht Simon Stevin
Voorzitter: prof. dr. C. de Jager
Sekretaris: Dr. P. J. Gathier, Oosteinde 183, 2271 EE Voorburg
Penningmeester: K. J. van Amerongen
Leden: P. A. M. Sanders, J. A. F. de Rijk, drs. Chr. Titulaer, mr. P. van Vollenhoven

Volkssterrenwacht Simon Stevin, 4741 SK Hoeven N.B., Bovenstraat 89, telefoon 01659-2439
Directeur: Th. M. Vermeesch
adj. directeur: R. H. van Battum
Medewerker: J. Jacobs
Medewerker: A. Edelbroek

Nederlandse Vereniging voor Ruimtevaart
Sekretariaat: Nachtegaalstraat 82-bis, 3581 AN Utrecht

Werkgroepen:
Meteoren
Sectie Beginners: J. v.d. Laan, W. Schuylenburglaan 23, 3571 SB Utrecht
Visuele sektie:
W. Boland, Damstraat 27, 3531 BR Utrecht
Veranderlijke Sterren
Sekretaris: G. Comello, Hoogbouw WSN, Postbus 800, 9700 AV Groningen
Weer-amateurs
Sekretaris: W. Brinksma, Strausslaan 436, 2551 NK Den Haag.
Jongerenwerkgroep
Sekretaris: Erik Schoute, Bergweg Zuid 179, 2661 CT Bergschenhoek
Bureau van de JWG: B. van Sprang, Prunuslaan 13, 2641 AW Pijnacker
Sterbedekkingen
Voorzitter: Drs. D. Schmidt, Groen van Prinsterelaan 25, 1272 GB Huizen N.H.
Kunstmanen
Sekretaris/penningmeester: A. J. Dorreman, Postbus 803, 5600 AV Eindhoven. Voorzitter: R. O. Jansen, tel. 023-344141.
Kometen
Sekretaris: E. P. Bus, Oosterbadstraat 24, 9726 CL Groningen, tel. 050-134211.
Instrumentenbouw
Groepsleider: H. G. J. Rutten, Boerenweg 32, 5944 EK Arcen.
Fotografie
J. Gijsbers, Duizelseweg 14, 5521 AC Eersel
Algemene sterrenkunde
P. W. Jannink (secr.), François Mauriacweg 117, 3731 BB De Bilt

Landelijke Samenwerkende Volkssterrenwachten
Voorzitter: J. B. Voet, Zuideinde 195, 1511 GD Oostzaan
Sekretaris: H. D. Cotterell, Peerdsbroek 45, 4824 BL Breda tel. 076-410735.
Penningmeester: B. Mastenbroek
Aangesloten volkssterrenwachten
– Bussloo, Bussloselaan 4, 7383 RP Bussloo, Voorst (Gld.) tel. 05716-577
– Copernicus, Overtonstraat 47, 2024 XJ Haarlem, tel. 023-253571
– Drenthe, Postbus 188, 7800 AD Emmen, tel. 05910-23170
– Hercules, Schelsberg 302 A, 6413 AJ Heerlen, tel. 045-721412
– Philippus Lansbergen, Noordbolwerk 35, 4331 SH Middelburg, tel. 01180-15129
– Rijswijk, Petronella Voûtestraat 389, 2286 VB Rijswijk Z.H., tel. 070-931143
– Twentse Volkssterrenwacht, Mekkelhorsterstraat 45, 7591 NA Denekamp, tel. 05413-2223
– Saturnus, Frans Halsstraat 4, 1701 JL Heerhugowaard, tel. 02207-17323
– Vesta, Zuideinde 195, 1511 GD Oostzaan, tel. 02984-1468

Overige instellingen
Volkshogeschool Overcinge, Overcingelaan 5, 7971 RC Havelte, tel. 05214-1541 of 1407
Natuurmuseum Coenraad ter Kuile, M. H. Tromplaan 19, 7511 JJ Enschede, tel. 053-323409

België

V.V.S. Vereniging voor Sterrenkunde
Bestuur
Voorzitter: Dr. T. Dethier, Roosterstraat 6, 3510 Hasselt
Ondervoorzitter: Lic. J. Meeus, Heuvelstraat 31, 3071 Erps-Kwerps
Sekretaris: Dr. W. de Rop, Ringlaan 3, 1180 Brussel
Penningmeester: Dr. J. Denoyelle, Ringlaan 3, 1180 Brussel
Postrekening van de V.V.S.: 000-0484925-22
JVS-nationaal: Stationsstraat 39, 8790 Waregem

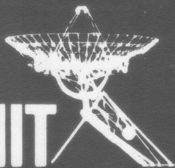
Werkgroepen (adressen van de werkleiders)
Astrofotografie: D. Cardoen, M. Martens, Luc Vanhoeck, Violetstraat 13, 2670 Puurs
Kunstmanen: I. van den Broeck, Waarloossteenweg 35, 2570 Duffel
Meteoren: Lic. E. van den Broecke, Molenstraat 1-20, 9200 Wetteren
Planeten: A. A. Verschraegen, Einde Were 50, 9000 Gent
Ruimtevaart: Dr. E. Aerts, BIRA, Ringlaan 3, 1180 Brussel (tel. 02/3752462)
Sterbedekkingen: W. Verhaegen, Wegvoeringstraat 113, 9200 Wetteren
Veranderlijke Sterren: F. van Loo, Lierse steenweg 66, 2598 Itegem (tel. 015/246248)
Weerkunde: J. P. Degroof, Holsbecksesteenweg 10 3200 Leuven (Kessel-Lo)
Zon: C. Vanderzande, Laurierstraat 18, 3500 Hasselt
Prometheus (strijd tegen de pseudowetenschappen): Lic. J. M. Gantois, Pestalozzistraat 1, 2020 Antwerpen (tel. 031/379268)

Redactie Heelal en Hemelkalender en inlichtingen over klassieke hemelverschijnselen: J. Meeus, Heuvestraat 31, 3071 Erps-Kwerps

Volkssterrenwachten België
Mira, Grimbergen bij Brussel, tel. 022-691280
Peter Plancius, Armentiersesteenweg 38, 8903 Voormezele
Urania, Mattheessenstraat 62, Hove bij Antwerpen, tel. 031-553422

Inhoud

Korte berichten



Populair-wetenschappelijk maandblad over sterrenkunde, weerkunde, ruimtevaart, ruimte-onderzoek en aanverwante wetenschappen en technieken.
Verschijnt onder auspiciën van de Stichting De Koepel.
Aan het maandblad werken samen: de Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde
de Stichting MACRO
de Stichting Volkssterrenwacht Simon Stevin
de Vereniging voor Sterrenkunde, Meteorologie, Geophysica en Aanverwante Wetenschappen in België.

Bureau:
Stichting De Koepel, Nachtegaalstraat 82 bis, Utrecht, tel. 030-311360, postgiro 3064700 t.n.v. Stichting De Koepel, Utrecht.

Redactie:
G. W. E. Beekman, hoofdredacteur, J. A. de Rijk, dr. W. de Rop; drs. Chr. Titulaer; drs. B. Zwart. Adviseurs: drs. J. A. de Boer en dr. G. P. Können.

Druk:
Samsom-Sijthoff Grafische Bedrijven B.V.

Lay out: Freek Reijmerink.

Abonnementen:
Nederland en België:
ƒ47,50 per jaar, ingaande 1 januari. Halfjaarlijkse abonnementen, ƒ24,50. Abonnementen buitenland op aanvraag.
Abonnementen afgesloten in de loop van een jaar zijn geldig tot het einde van dat kalenderjaar. Opzegging van abonnementen uitsluitend schriftelijk vóór 15 november aan het bureau van De Koepel te Utrecht. Bij niet tijdige opzegging wordt het abonnement automatisch voortgezet.
Doordat de edities van juli en augustus worden gekombineerd verschijnen er jaarlijks elf nummers.

Losse nummers:
ƒ4,95 of 70 Bfr.

Kopij:
In getypte vorm, met dubbele regelafstand; 60 aanslagen per regel; elk vel papier aan slechts één zijde gebruikt.
Kopij Nederlandse auteurs zenden aan: Redactie Zenit, Nachtegaalstraat 82 bis, Utrecht.
Kopij Belgische auteurs zenden aan: Dr. W. de Rop, Ringlaan 3, 1180 Brussel.

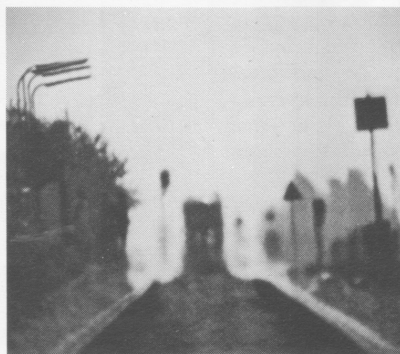
Zenitpost

Luchtkarteringskamera's

Naar aanleiding van het aktieverslag augustus 1978 in het Winterswijkse meteoorobservatorium (Zenit 1979 blz. 80), willen wij hier enkele opmerkingen plaatsen omtrent het gebruik van K-24 en F-24 luchtkarteringskamera's (resp. f/2,5-178mm en f/2,9-203mm) waarvan, via de dumphandel, thans een respektabel aantal in den lande voor diverse fotografische doeleinden blijkt te worden aangewend, vooral voor astro-fotografie.
De (toekomstige) bezitters dienen te beseffen dat de F-24 en K-24 sluiter gevormd wordt door een *dubbel* sluiterdoek dat oorspronkelijk bestemd was voor het maken van korte belichtingsopnamen en derhalve voorzien van een (metalen) spleet. Bij het (motorisch) spannen van de sluiter valt het tweede beschermdoek (*onder* die met de spleet), nadat men de opnameknop/sluitermagneet heeft ingedrukt, weg en het is dus zaak om in diè positie, teneinde willekeurig lange belichtingstijden te bereiken, een stuk ter grootte van de optische filmaandrukplaat (13 × 13 cm) uit het nog aanwezige doek te knippen, wat nauwgezet en voorzichtig werken vereist. Het doek van de F-24 echter valt aan het eind van het filmtransport al weg; bij de K-24 moet hiervoor de opnameknop/sluitermagneet worden ingedrukt. Bij de nu volgende druk op de knop valt bij beide typen het sluiterdoek weer dicht en de opname wordt beëindigd.
Voorts dient men na te gaan of de veer die de doeken open en dichttrekt niet tè strak gespannen staat, omdat dan reeds bij de eerste druk op de knop (vooral bij de K-24!) het sluiterdoek open èn meteen weer dichtvalt hetgeen duidelijk te horen is (en te zien als men de gehele sluiterunit uit de kamera neemt, wat zonder moeite mogelijk is).
Als men de kamera's elektrisch wil bedienen (bijv. bij gebruik van grote rolfilms t.b.v. de meteorenfotografie), dan moet worden bekeken of de elektrische kontakten in de tandwielen nog wel naar behoren funktioneren, aangezien dan de kans bestaat dat er òf helemaal niets gebeurt, òf er worden in korte tijd meters film getransporteerd, wat met de kamera's in Winterswijk in augustus 1977 en 1978 diverse malen is voorgekomen. Automatisering is dàn uit den boze als men niet zeker weet of de toestellen betrouwbaar funktioneren en daar schort het, met dumpmateriaal, nog wel eens aan.
Het is beter ofwel handbediening/-transport toe te passen, ofwel elektrische bediening stap-voor-stap, zodat men bij elke schakeling precies hoort wat er gebeurt, zonodig tijdig in kan grijpen en een dure film niet verwordt tot draaiorgelboek. Wij hebben tot dat laatste, t.b.v. onze batterij K-24 spektrografen in Winterswijk, besloten met als beveiliging een elektronische schakelaar die, via een relais, in het circuit van de zware transportmotoren is opgenomen. Bij belangstelling kan men hiervan op onderstaand adres een schemaatje verkrijgen. We zijn ook bereid om problemen v.w.b. de grote toestellen te helpen oplossen.

Niek de Kort en Ben Apeldoorn (Stadzicht 116, 2317 RW Leiden)

Voorplaat



Luchtspiegeling boven de spoorweg te Workum op 25 mei 1977. Van de koplampen van de trein zien we een meervoudig, vervormd en uitgerekt beeld. Let ook op de uitstulpingen van de weerspiegelde lucht boven de spoorrails. Het fototoestel bevindt zich dichter boven de spoorrails dan boven de spoordijk, zodat de minimumafstand waarop luchtspiegelingen boven de rails zichtbaar zijn kleiner is. Als de temperatuur van de spoorrails hoger is dan die van de spoordijk wordt het effekt nog versterkt (f = 1250 mm). Lees verder het artikel over luchtspiegelingen op pagina 254.

C. D. ANDRIESSE

Nieuwe kijk op de ring van Saturnus

Door de recente ontdekking van een ring om Uranus en Jupiter is de ring van Saturnus niet langer uniek. Waarschijnlijk ontstaat een ring als normale tussenstap in het condensatieproces van manen om planeten. De ring van Saturnus zou een overblijfsel kunnen zijn van een niet geheel voltooide condensatie en verwijst dan naar bijzonderheden van het condensatieproces. In dit artikel worden ideeën van Hannes Alfvén daarover toegelicht.

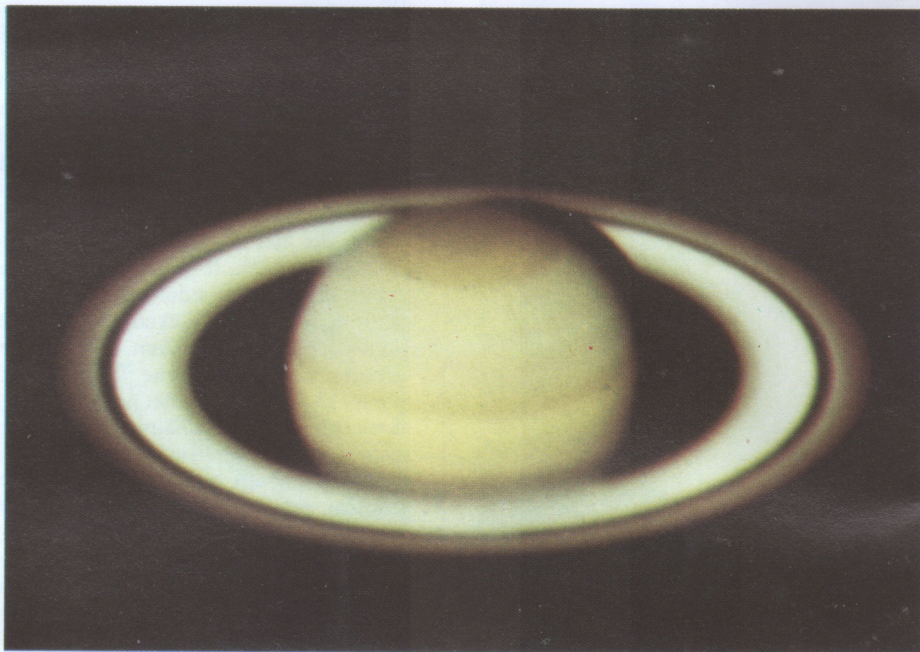


Fig. 1. Saturnus gefotografeerd op 11 maart 1974 met de 125-cm telescoop van de Universiteit van Arizona. De foto is samengesteld uit 18 kort na elkaar gemaakte Saturnusbeeldjes. De aarde bevond zich die maand 26° onder het vlak van de ring, die toen wijd was 'geopend'. Let op de schaduw van de planeet op de ring, op de lichtzwakke 'Floersring' vóór de planeet en op de geringe fase of schijngestalte die de planeet vertoont (foto Steve Larson).

De ring van Saturnus is wellicht het best bekende en slechtst begrepen verschijnsel in het zonnestelsel. Het is een verzameling van een groot aantal vaste deeltjes (korrels), die de planeet omcirkelen op een afstand van ruwweg 100 duizend km. Vermoedelijk zijn de korrels klein, zeg 1 mm, en bestaan ze geheel of gedeeltelijk uit ijs van ammoniak, methaan en water. Alle korrels afzonderlijk weerkaatsen een gedeelte van het licht van de zon, en die lichtende puntjes tezamen geven ons, op een afstand van 1,5 miljard km, de valse indruk van een massief lichaam. In werkelijkheid is de ring ijl (optisch dun), zodat het licht van sterren die er achter staan er doorheen dringt, en hooguit een paar km dik. De ring ligt precies in het vlak van de evenaar van de planeet, waarin ook de vele Saturnusmanen rondlopen. In het midden van de ring, tussen 90 en 120 duizend km, is de korreldichtheid (het aantal korrels per cm^3) het grootst en is dus de ring het helderst. Dit middengebied (B-ring) wordt begrensd door twee gebieden waar bijna geen korrels rondlopen, elk ter breedte van een paar duizend km, die dus donker zijn: de scheidingen van Encke en Cassini. Aan de binnenzijde van de Encke-scheiding vinden we de lichtzwakke C-ring, ook wel Floersring genaamd, en aan de buitenkant van de Cassini-scheiding de lichtsterke A-ring, die echter toch in helderheid achterblijft bij de B-ring. Uit fotometrische studies van Dollfus blijkt duidelijk dat er in ieder geval in de A- en B-ring nog veel fijnstructuur is.

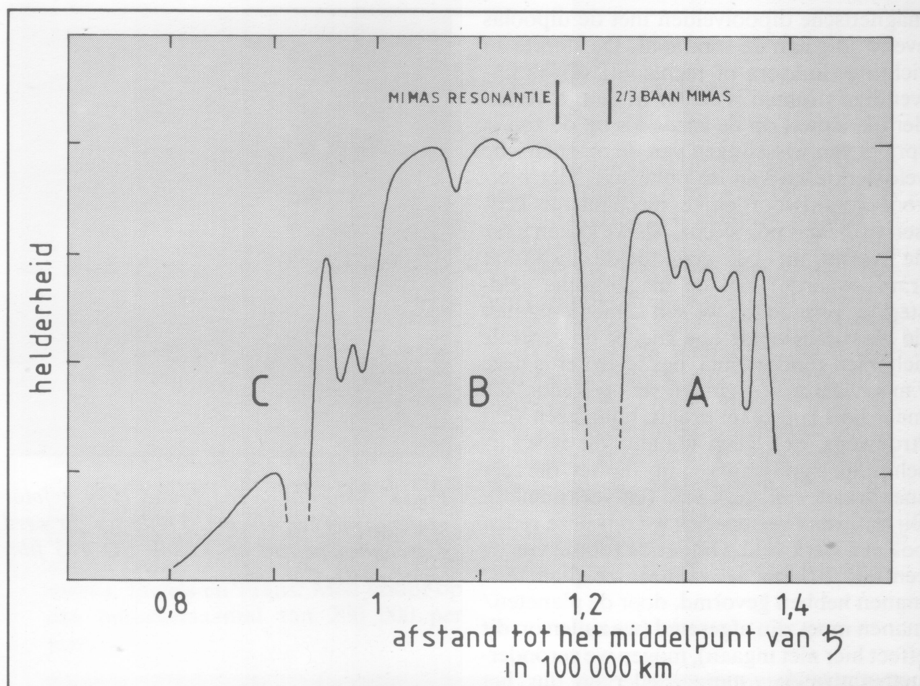
Invloed van maantjes

Als we dit ingewikkelde systeem van ringen willen begrijpen, dan zullen we moeten proberen de structuur in verband te brengen met de rest van het Saturnussysteem, met name met de invloed van de binnenste maantjes Janus, Mimas, Enceladus en Tethys, die rondcirkelen op afstanden van resp. 158, 186, 238 en 295 duizend km. (De invloed van de grote maan Titan is waarschijnlijk te verwaarlozen, omdat hij met zijn 681 duizend km te ver weg staat.) Welke invloed zouden die maantjes kunnen hebben? We bespreken eerst de nog veel gehoorde theorie van de resonanties.

Neem een korrel die twee keer zo snel rondcirkelt als het maantje Mimas, dus op een afstand die volgens de perkenwet van Kepler $2^{2/3} \doteq 1{,}59$ keer dichter bij Saturnus is dan Mimas, ofwel op 117 duizend km. De omlooptijd van die korrel is ongeveer 11,5 uur. Als de korrel en Mimas het dichtst bij elkaar zijn, is de aantrekkingskracht tussen die twee het grootst. De korrel wordt dan versneld in de richting van Mimas met $GM/r^2 = 5 \times 10^{-7} m\ s^{-2}$; hier is G Newtons zwaartekrachtconstante, M de massa van Mimas ($3{,}8 \times 10^{19}$ kg) en r de kortste afstand ($6{,}9 \times 10^7$ m). Dit is weliswaar erg weinig (op het aardoppervlak is de versnelling ruim 10 miljoen keer groter), maar omdat de omlooptijden precies bij elkaar passen (resoneren) werkt die versnelling steeds op dezelfde plaats in de ruimte. En zoals de druppel de steen uitholt, zo verwijdert deze kleine versnelling de korrel uiteindelijk uit de baan op 117 duizend km.

Zo hebben verschillende onderzoekers gedacht dat de Cassini-scheiding samenvalt met de eerste Mimas-resonantie op 117 duizend km en verder, en dat de Encke-scheiding samenvalt met de volgende Mimas-resonantie, namenlijk op $186/\ 3^{2/3} = 89$ duizend km. Maar de getalwaarden kloppen niet, want de eerste scheiding ligt bij (122 ± 2) en de tweede bij (92 ± 1) duizend km. Het is ook niet mogelijk om passende resonanties te vinden met andere maantjes in de buurt. De conclusie is, dat de boven besproken resonerende versnelling wordt gedempt (opgeheven) door andere effecten, zoals botsingen van de korrels.

Fig. 2. Helderheid van de ring van Saturnus als functie van de afstand tot de planeet (volgens Dollfus). De beide markeringen (Mimas-resonantie en 2/3 baan Mimas) worden in de tekst besproken.



Vergelijking met planetoïdengordel

Voordat we naar een andere verklaring omzien, kijken we even naar het systeem van kleine planeten (planetoïden) tussen Mars en Jupiter, dat een beetje lijkt op de ring van Saturnus. We moeten hier onze schaal veel groter kiezen. In plaats van korrels hebben we brokken van 1 km (de grootste zijn een paar honderd km); in plaats van Mimas hebben we Jupiter en in plaats van Saturnus hebben we de zon. Nu is de massaverhouding tussen Jupiter de zon tienduizend keer groter dan die tussen Mimas en Saturnus, waardoor de (verstorende) invloed van Jupiter op de kleine planeten véél en véél groter is dan van Mimas op de korrels. Indien ergens, dan zullen in *dit* systeem van kleine planeten resonantie-effecten gevonden moeten worden. En inderdaad, precies bij de resonanties van 1/3 en 2/5 van Jupiters omlooptijd zijn géén kleine planeten gevonden (dit zijn de Kirkwood gaten), terwijl ze al op 0,5% van die afstand wél zijn gevonden. De resonanties zijn dus vrij scherp. Indien de Cassini-scheiding een Mimas-resonantie zou zijn, dan moet hij in verhouding veel scherper zijn dan de Kirkwood gaten, omdat de verstorende massa in verhouding veel kleiner is, maar in werkelijkheid is hij breder dan die 0,5%. Ook hier dus vinden we een aanwijzing dat de resonantietheorie niet helemaal opgaat.

Nu heeft Alfvén er op gewezen dat de Cassini-scheiding bijna op 2/3 ligt van de baan van Mimas: (122 ± 2) tegen 124 duizend km. Verder ligt een opvallend helderheidsminimum in de B-ring bij 107 duizend km bijna op 2/3 van de baan van Janus, te weten 105 duizend km. De breuk 2/3 heeft een speciale betekenis, die verderop zal worden toegelicht. Voordat we dit kunnen doen moeten we ons echter vertrouwd maken met enkele processen die zich thans niet meer op grote schaal voordoen in het zonnestelsel, maar die waarschijnlijk een grote rol hebben gespeeld bij het ontstaan ervan.

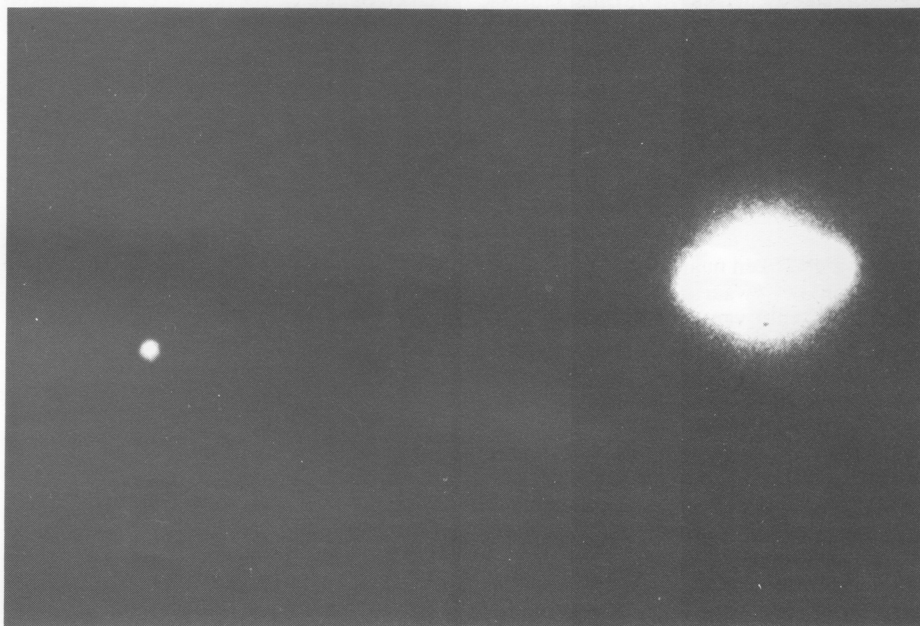


Fig. 3. Saturnus op 6 december 1978, gefotografeerd met de 25-cm f/12 Merz-refractor van de sterrenwacht van Utrecht. Er werd 10 seconden belicht op Ektachrome 400 ASA film. Van links naar rechts de maantjes Titan, Rhea en Dione (opname R. Tielenburg).

Krachten in de ontstaansfase

Natuurlijk heeft de zwaartekracht ook in de onstaansfase een rol gespeeld, maar daarnaast moeten we ook elektromagnetische krachten en botsingskrachten in rekening brengen, die we nu vaak kunnen verwaarlozen. Zo kunnen we de beweging van de planeten en manen met de zwaartekrachtswet alléén uitstekend beschrijven. Maar de beweging van gas en korrels in de onmiddellijke omgeving van de zon (en sommige sneldraaiende planeten) wordt sterk beïnvloed door elektromagnetische krachten en botsingskrachten. Een voorbeeld is het staartverschijnsel van een komeet, dat ontstaat door de botsing van uit de zon wegstromend gas met het gas en de korrels die door het zonlicht worden vrijgemaakt uit de komeet. Daardoor gehoorzaamt de beweging van de komeet vaak niet goed aan Newtons zwaartekrachtswet.

We moeten aannemen dat in de ontstaansfase van het zonnestelsel het materiaal waaruit de planeten en manen zijn ontstaan bestond uit gas en korrels, ongeveer zoals we dat nu nog in kometen aantreffen. Dit materiaal is in het algemeen elektrisch geladen als gevolg van foto- of botsingsionisatie, en alleen wanneer het door samenklontering (condensatie) aangroeit tot korrels groter dan, zeg, 1 mm, kan de zwaartekracht die er op werkt groter worden dan de andere krachten. De genoemde grootte hangt natuurlijk af van de sterkte van het magnetische veld ter plaatse van de korrels en van de kans op botsingen met andere korrels in de buurt. We moeten ons daarom verdiepen in de magnetische velden in de ontstaansfase van het zonnestelsel; niet alleen in dat van de zon (waarin de planeten condenseerden), maar ook in dat van de planeten (waarin de manen condenseerden).

Sterke magnetische velden?

We kennen het magnetische veld van de aarde het beste; daarna dat van de zon en dan dat van Jupiter. Het lijkt er op dat ze alle drie worden veroorzaakt door elektrische kringstromen in het inwendige, ongeveer rond de draaiingsas, want de magnetische polen vallen ongeveer samen met de rotatiepolen. In grove benadering zijn het ▶▶

magnetische dipoolvelden met de dipoolas evenwijdig aan de rotatie-as. De sterkte en richting (linksom of rechtsom) van de inwendige stromen is echter in de tijd veranderlijk. Zowel op de aarde als op de zon is sprake van wisselingen van de magnetische veldsterkte en van de polariteit. Het hiervoor verantwoordelijke mechanisme kennen we helaas nog slecht. Als we kijken naar de wortel uit het gemiddelde kwadraat (r.m.s.-waarde) van de magnetische veldsterkte, vermoeden we een samenhang met de rotatiesnelheid: hoe sneller de centrale lichamen ronddraaien, des te groter is deze r.m.s.-waarde. Zo vinden we bij Venus, die maar heel langzaam draait, bijna geen veld (trouwens, ook geen manen; dit is waarschijnlijk significant) en bij Jupiter, die zeer snel draait, een sterk veld (en veel manen). Bij Saturnus vermoeden we om deze reden ook een sterk veld. Omdat de rotatie van de centrale lichamen, wanneer ze planeten/manen hebben gevormd, door de planeten/manen moet zijn afgeremd (we zullen op dit effect hier niet ingaan), mogen we veronderstellen dat de rotatie sneller en dus het r.m.s.-magnetische veld in de ontstaansfase groter is geweest dan thans. De momentane waarde zou een duizend keer groter kunnen zijn geweest. In combinatie met een elektrisch geladen korrelmassa moeten die velden heel bijzondere plasma-effecten hebben gegeven.

Het 'freewheelende' stofplasma

Laten we nu kijken naar het gecombineerde effect van het zwaartekrachtsveld en een magnetisch veld van een centraal lichaam (bijv. Saturnus) op een verzameling elektrisch geladen korrels (een stofplasma) er omheen. Behalve door de zwaartekracht worden die korrels versneld door de Lorentzkracht; deze kan worden berekend uit de sterkte van het magnetische veld H, de sterkte van de elektrische stroom vq (hier is v de snelheid van de korrel en q zijn lading) en de hoek tussen de richtingen van H en v. Als de hoek tussen de richting van H (dat is een veldlijn) en de richting van v (dat is een stroomlijn) nul is, is de Lorentzkracht nul. Als de stroomlijn loodrecht staat op de veldlijn, is de Lorentzkracht maximaal. Nu dwingt de zwaartekracht de korrel te bewegen volgens een Keplerbaan, die in het algemeen niet de magnetische veldlijnen volgt. Dan is er in het algemeen sprake van een Lorentzkracht die de korrel in een zodanige baan brengt dat de Lorentzkracht afneemt, totdat uiteindelijk een baan wordt bereikt waar die kracht nul is. De korrel beweegt zich dan vrij langs de veldlijnen ('freewheelt'), maar is natuurlijk wèl onderworpen aan de wetten van de zwaartekracht (en de centrifugale kracht). Uit een beschouwing van de geometrie van een magnetisch dipoolveld, dat we als eerste benadering mogen aannemen, leidt Alfvén het theorema af:

Een 'freewheelende' elektrisch geladen korrel heeft een kinetische energie die 2/3 is van de kinetische energie van een Keplerbaan op dezelfde afstand van het centrale lichaam.

Als we nu de Lorentzkracht zouden uitschakelen, door òf het magnetische veld nul te maken óf de elektrische lading nul te maken (of beide), dan moet de korrel in een lagere Keplerbaan gaan rondlopen, want we veranderden niets aan zijn kinetische energie. De straal van die baan zal 2/3 zijn van de oorspronkelijke baan, mits de oorspronkelijke en de uiteindelijke baan beide cirkelvormig zijn. Hetzelfde effect krijgen we als we het centrale lichaam de helft zwaarder zouden maken. Kennelijk verkleint het magnetische dipoolveld de werking van de zwaartekracht, en het eigenaardige van dit resultaat is dat de mate waarin hij dat doet onafhankelijk is van de sterkte van het veld. Laten we nu terugkeren tot de fijnstructuur in de ring van Saturnus.

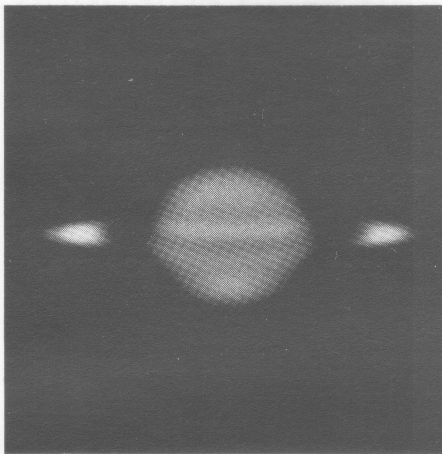


Fig. 4. Saturnus op 26 februari 1979, gefotografeerd met een 41-cm f/5 reflector. Er werd 4 seconden belicht op Kodak SO 115 film (opname D. Cardoen).



Fig. 5. Saturnus op 23 maart 1979, gefotografeerd met een 20-cm f/6 reflector. Er werd 16 seconden belicht op Kodak SO 115 film (opname L. Logie).

Van stofplasma tot ring

Volgens Alfvén zien we in deze ring een rest van het stofplasma om Saturnus waaruit de manen zijn gevormd. De korrels zijn nu niet meer of nauwelijks elektrisch geladen en het magnetisch veld van Saturnus is nu veel zwakker dan aanvankelijk het geval is geweest. Toen het oorspronkelijke plasma 'freewheelde' was de ring, bij gelijke kinetische energie van de korrels, de helft groter: de Cassini-scheiding lag op 183 duizend km, waar nu Mimas rondcirkelt. Nu bevat Mimas ongeveer de totale massa aan korrels die in de Cassini scheiding 'ontbreekt', wat er op kan wijzen dat Mimas inderdaad uit de ring is gecondenseerd. Dit geldt waarschijnlijk ook voor de erg kleine Janus en eventueel andere, nog niet ontdekte, zeer kleine binnenmaantjes.

Nog tijdens het condensatieproces rond Saturnus, zo redeneert Alfvén, is door één of andere oorzaak een einde gekomen aan de toestand van het 'freewheelende' plasma. Moeten we denken aan een sterke terugloop van de fotoïonisatie van de korrels? Is de zon in z'n allereerste jeugd veel helderder geweest dan nu en is die helderheid plotseling teruggelopen? Sommige berekeningen sluiten dat niet uit. Hoe dan ook, de elektrisch neutraal geworden korrels verliezen veel van hun vermogen om samen te klonteren tot grotere lichamen en naderen Saturnus in lange spiraalbanen, totdat ze de tegenwoordige cirkelbanen in de ring benaderen op 2/3 van hun oorspronkelijke afstand. Alfvén houdt het voor mogelijk dat de ring zich daarbij gedeeltelijk zelf opveegt: grote korrels blijven in verhouding achter bij de kleine (bedenk dat de zeer grote korrels, de maantjes Janus en Mimas, in hun oorspronkelijke baan bleven). Daarom zou de B-ring helderder zijn dan de A-ring. Daarom ook zou de Encke-scheiding op 2/3 moeten liggen van de buitenrand van de A-ring, wat vrij nauwkeurig klopt.

Conclusies

De bovenstaande theorie van de ring van Saturnus roept misschien meer vragen op dan hij beantwoordt. Bijvoorbeeld: waar blijft na de plasmafase de magnetische energie, als niets daarvan terechtkomt in een versnelling van de korrels? Ook al blijven we met deze en met andere vragen zitten, toch heeft Alfvén iets zinnigs, een plasmatheorie, in de plaats gezet voor een onhoudbare resonantietheorie (die bovendien niets zei over de aard van de ring). Het is van belang om na te gaan of in de pas ontdekte (maar zeer ijle en lichtzwakke) ring van Uranus een duidelijke scheiding voorkomt op 2/3 van de afstand van het binnenmaantje Miranda (dus op 85 duizend km), analoog aan de Cassini-scheiding. (De momenteel bekende structuur ligt rond de 50 duizend km, maar het kan nog niet geheel worden uitgesloten dat de ring zich verder uitstrekt: zie het kaderstukje). Dat zou een grote steun zijn voor de ideeën van Alfvén die, ook nu al, ons met andere ogen doen aankijken tegen de beroemde ring. Dit in 1655 door Huygens ontdekte en in 1659 door hem beschreven *Systema Saturnianum* bevat waarschijnlijk de sleutel tot de meeste kritische fase in de vorming van het zonnestelsel.

G. W. E. BEEKMAN

Met het oog op Saturnus

Als straks de storm rond de Voyagers wat geluwd is, zal men snel zijn aandacht naar Saturnus moeten verleggen. In september zal daar namelijk na een tocht van zes jaar en vijf maanden de Pioneer 11 aankomen, om op slechts 25000 km langs het wolkendek van deze planeet te scheren. Men hoopt dat ook deze gebeurtenis interessant waarnemingsmateriaal zal opleveren.
Verder zullen wij op 27 oktober als gevolg van de onderlinge stand van de aarde en Saturnus precies tegen de 'zijkant' van de ring van Saturnus aankijken. Dit houdt in dat men de ring enige tijd *niet* zal kunnen waarnemen (de dikte bedraagt slechts 3 km of minder). Doordat hij dan geen storend licht meer naar de aarde zendt, zal men het gebied vlak buiten de ring veel beter kunnen waarnemen. Mogelijk zal men nu kunnen vaststellen hoe ver de meermalen gerapporteerde uitbreiding van het ringenstelsel zich uitstrekt (zie Zenit 1977, p. 94) en of zich werkelijk nog maantjes tussen ring A en Mimas bevinden. Volgens recente onderzoekingen op foto's uit 1966 zouden er nog twee of meer maantjes kunnen bestaan (zie Zenit 1977, p. 415). Vermoedelijk zullen vanaf het eerste moment van de ringpassage de onderzoekers elkaar in hun publicaties proberen vóór te zijn.
K. Aksnes en F. A. Franklin pleiten er in *Icarus* (1978, p. 117) voor, dat er alvast een tijdelijke naamgeving voor nog te ontdekken objecten wordt vastgesteld. Dit zou ook nuttig zijn voor het geval de Voyager 1 (november 1980) iets ontdekt dat door de Voyager 2 (augustus 1981) of door waarnemingen vanaf de aarde zou moeten worden bevestigd. De auteurs stellen voor dat een uitbreiding van het benoemingssysteem voor planetoïden wordt gebruikt. Vermeld zou moeten worden het jaar van ontdekking, de hoofdletter S (van Saturnus) en een cijfer dat aangeeft de hoeveelste ontdekte satelliet in dat jaar het betreft. Definitieve nummering en naamgeving zouden plaatsvinden wanneer de baan is bepaald of een volgende, bevestigende waarneming is verricht.
Op 27 oktober zal de aarde het vlak van Saturnus' ring van zuid naar noord passeren. De ring zal zich dan weer iets openen, maar niet veel, want op 12 maart 1980 zal de aarde terugkeren naar de zuidzijde, om pas op 23 juli dat jaar definitief naar de noordzijde terug te keren. Deze driemalige passage is een gevolg van het feit dat het baanvlak van de aarde een (kleine) hoek maakt met het vlak van de Saturnusbaan. Vanaf juli 1980 zal de ring van Saturnus zich steeds meer openen, totdat in 1987/88 een maximale waarde wordt bereikt en de hoek weer kleiner wordt. In 1995 zal dan de volgende ringpassage plaatsvinden.
Voor amateurs biedt zo'n ringpassage de mogelijkheid te ontdekken hoelang de ring nog waarneembaar is. Dit wordt, behalve door luchtgesteldheid op het moment van waarneming, hoofdzakelijk bepaald door het oplossend vermogen van de telescoop, dus van de diameter van lens of spiegel. De opnamen in nevenstaand artikel laten enkele beelden van Saturnus zien met de al bijna 'dichte' ring (zie voor gegevens over Saturnus' ring de Sterrengids 1979).

CHRIET TITULAER

Skylab valt sneller

In januari 1979 heeft NASA besloten om alle pogingen Skylab te redden op te geven. Aanleiding tot het nemen van deze beslissing was enerzijds dat de eerste vlucht van de Space Shuttle steeds verder werd uitgesteld en anderzijds dat het moeilijker werd om Skylab te besturen. De voorraad brandstof voor de correctieraketten raakte uitgeput en steeds meer systemen reageerden niet meer op de commando's die werden gegeven door de vluchtleiders in het Lyndon B. Johnson Space Center van NASA in Houston.
Op 25 januari 1979 werd de oriëntatie van Skylab in de ruimte gewijzigd. Tot die datum was de positie zodanig dat Skylab een minimale wrijving ondervond, zodat een reddingsoperatie zo lang mogelijk uitgevoerd kon worden. In de nieuwe positie zijn de zonnepanelen voortdurend op de zon gericht. De vluchtleiding is hierdoor eenvoudiger geworden. Met ingang van 2 februari 1979 besloot NASA Skylab niet meer continu te volgen vanuit het vluchtleidingscentrum in Houston, doch slechts vijf dagen per week gedurende acht uur per dag.
De grote vraag op dit moment is in hoeverre het mogelijk zal zijn Skylab op het allerlaatste moment een beetje bij te sturen. Als dit mogelijk is kan er invloed worden uitgeoefend op de bepaling van de plaats waar de Skylabfragmenten de aarde zullen treffen. NASA weet nog niet òf dit mogelijk is. De vluchtleiders in Houston kunnen nu alleen zeggen dat Skylab in juni, juli of augustus terugvalt.
NASA heeft becijferd dat ongeveer 25.000 kg Skylabfragmenten de aarde treffen. Die fragmenten zullen verspreid neerkomen in een gebied van 160 km breedte en ruim 6000 km lengte (in de baanrichting). Het gebied kan, als Skylab helemaal niet bijgestuurd kan worden, overal tussen 50° zuiderbreedte en 50° noorderbreedte komen te liggen. NASA zegt dat de kans door een meteoriet getroffen te worden groter is dan de kans geraakt te worden door een Skylabfragment. De kans blijft echter aanwezig, en als Skylabfragmenten mensen treffen zal er tevens onherstelbare schade aan het ruimtevaartprogramma zijn toegebracht.

Toch nog redding?

Wanneer Skylab eind juni nog om de aarde draait, wil men toch nog een poging doen om dit schip voor ondergang te behoeden. Niet de NASA, maar het *Instituut voor Psycho Energetica* te Brookline in de Verenigde Staten zal zich hiermee belasten. Men wil bewerkstelligen dat op 21 juni om 12 uur tenminste een miljoen mensen gedurende vijf minuten geconcentreerd aan Skylab denken, om dit ruimteschip langs telekinetische weg in een hogere baan te krijgen. Het experiment is vastgesteld op 21 juni, omdat op die dag de astronomische zomer begint, wat de succeskansen voor het experiment zou verhogen. Wij wachten dus de komst van de zomer met dubbele belangstelling af!
(GB)

A. DE BELIE

De Gallische kalender van Coligny

In 1897 werden brokstukken van een bronzen kalender opgedolven uit een akkerland gelegen onder de Franse gemeente Coligny (ca. 50 km ten westen van het Meer van Genève) in het gebied dat in de Oudheid bewoond was door de Sequanen, een der Keltische volksstammen. Die fragmenten werden al dadelijk herkend als zijnde gedeelten van een *Keltische lunisolaire kalender.* Zulks kon worden afgeleid uit de aanwezigheid van twee inlasmaanden: een vóór het eerste jaar en een tweede in het midden van het derde jaar in een vijfjarige cyclus. Deze inlasmaanden dienden bij de Kelten voor het aanpassen van hun (oorspronkelijke) maankalender aan de zonnekalender. De uitgraving had een groot aantal brokstukken ervan, alsmede een gebroken bronzen standbeeld opgeleverd. Er ontbraken evenwel nogal wat kalenderscherven, maar toch kwamen 149 fragmenten in goede handen terecht, en niettegenstaande de vermiste stukken slaagden de onderzoekers erin de nog beschikbare delen samen te voegen en aldus een betrouwbare reconstructie van de Gallische kalender te verkrijgen. Het resultaat was een 1,48 bij 0,80 m metende bronzen plaat, met in totaal 62 maanden, namelijk vijfmaal twaalf gewone, en twee inlasmaanden. Elke maand draagt, dag voor dag, inscripties in het Gallisch (Keltisch), die erop gegraveerd staan in Romeinse letters en cijfers. Op epigrafische gronden (epigrafie = opschriftkunde) heeft men kunnen opmaken dat de Kalender van Coligny gegraveerd moet zijn in het begin der tweede helft van de eerste eeuw nC. De gereconstrueerde kalender – met vele leemten (zie fig. 1) – is ondergebracht in het Musée de la Civilisation Gallo-Romaine te Lyon (M. A. AUDIN, Conservator).



Fig. 1. Enkele maanden van de gedeeltelijk gereconstrueerde Coligny-kalender. De bronzen plaat meet 80 bij 148 cm, maar hiervan is slechts een deel weergegeven.

Aanpassing aan de seizoenen

Rekenkundig kan worden nagegaan hoe de Oude Kelten ertoe konden komen hun oorspronkelijke, enkel lunaire kalender ook aan de seizoenen (zonneloop) aan te passen. Die berekeningen hebben wij gemaakt aan de hand van de synodische duur der lunatie (29, 53059 dagen), en van de duur van het zonnejaar (365, 2422 dagen). Voor 5 zonnejaren (62 lunaties in de Gallische kalender van Coligny) geeft dat:

5 (zonnejaren) × 365,2422 (dagen) = 1826,21... dagen,

62 (lunaties) × 29,53059 (dagen) = 1830,89... dagen,

waaruit blijkt dat 62 lunaties 4,68... dagen langer duren dan 5 zonnejaren. Een 5-jarige



Fig. 2. Vorm en rangschikking van de trigrams (links) in de Coligny-kalender. De grootte is af te leiden uit de tekens langs de bovenkant, die ca. 10 mm hoog zijn.

lunisolaire kalendercyclus kon dus niet volstaan en moet derhalve deel hebben uitgemaakt van een langere periode. Deze moet volgens onze berekeningen een duur hebben gehad van 30 jaar, te weten zesmaal een vijfjarige cyclus. Maar daartoe diende men in één der zes vijfjarige cyclussen één lunatie over te slaan:

30 (zonnejaren) × 365,2422 (dagen) = 10.957,26... dagen,

5 × 62 }
1 × 61 } 371 (lunaties) × 29,53059 (dagen) = 10.955,84... dagen,

wat ditmaal een tekort oplevert van 1,42... dagen voor 371 lunaties.

Dat verschil is nog te groot, en daarom moeten er 21 dertigjarige periodes geweest zijn, te weten 630 zonnejaren, om de waarnemingen van zon en maan te doen kloppen. Daarbij moest in de laatste der 21 periodes de weggelaten lunatie (zie hierboven) weer worden opgenomen:

21 × 30 = 630 (jaren) × 365,2422 (dagen) = 230.102,58... d.

(371 × 21) + 1 = 7792 (lunaties) × 29,53059 (dagen) = 230.102,35... d.

wat nog slechts minder dan ¼ dag verschil geeft, nl. 0,23... d.

Voor de eigenlijke *kalender* nu kan niet anders dan met afgeronde etmalen worden gerekend, dus *zonder dagbreuken*, wat meebrengt dat er om de 5 of 6 zonnejaren een schrikkeldag moest worden ingelast, om de maanmaanden op een breuk na te doen overeenstemmen met de werkelijke lunaties. Voor een tijdperk van 630 zonnejaren waren aldus 122 inlasdagen vereist in de kalender, te weten 630 : 122 = één om de 5,16... jaar. Doch er komen voetstoots zomaar 5 inlasdagen voor in de maanden EQVOS van de vijf achtereenvolgende jaren van de Coligny-cyclus, hoewel, astronomisch gezien, slechts één schrikkeldag verantwoord was. De Kelten moeten om een of andere reden vier inlasdagen tevoren hebben overgeslagen – wellicht een menselijke vergetelheid? – waarvoor dan die viervoudige correctie in de Coligny-kalender.

Vijfjarige cyclus

Verschillende aanwijzingen, beschouwingen en berekeningen, die wij hier niet kunnen uiteenzetten, hebben er ons verder toe gebracht de Coligny-kalender te herkennen als zijnde de laatste 5-jarige cyclus van een tijdperk van 630 jaar (7792 lunaties). Zulks vond zijn uiteindelijk beslag in het ontsluieren der geheimzinnigheid waarin de magische tekens łii, iłi, iił – door ons *trigrams* genoemd – die zo veelvuldig in de tot ons gekomen Coligny-kalender voorkomen (zie fig. 2), nog gehuld waren gebleven. Ten einde hun funktie en betekenis te achterhalen hadden wij een eenvoudig tweeledig ijkinstrument ontworpen, dat ons heeft toegelaten *dag voor dag* de kalenderverschillen te onderzoeken die ontstonden tussen de duur der lunaties (29,53... dagen) en de duur der kalendermaanden (30 of 29 gehele dagen). Dat instrument bestaat uit een lunatieen een kalenderlat. Wij plaatsten beide op elkaar en konden aldus voor elke lunatiefase de plaats nagaan van elk der drie betreffende trigrams. Maar dat kon alleen tot een positief resultaat leiden, wanneer wij het *juiste 630-jarige tijdperk* te pakken konden krijgen: voor elk ander 630-jarige tijdperk was, en moest wel, het resultaat negatief wezen. Na menigvuldige en tijdrovende pogingen, en met inachtneming van alle terzake geldende elementen, kwamen wij tot de volgende conclusies:

1. De vijfjarige Coligny-cyclus is te situeren in het *tweede 630-jarige tijdperk*, en wel als allerlaatste 5-jarige cyclus ervan, namelijk de jaren 1256 en 1260 van de Keltische lunisolaire tijdrekening (de jaren 66 tot 70 nC.).
2. De *trigrams* staan in de kalender voor de aanwijzing van *het begin* (łii), *het midden* (iłi), *het einde* (iił) *van lunatietienden (tiende delen van een lunatie, dus 2,953... dagen).*

Bovenstaande geldt tevens als onomstootbaar bewijs van de buitengewone astronomische en wiskundige kennis die de Oude Kelten hadden verworven: zij konden namelijk lang vooruit de zonne- en maanstanden *berekenen*, wat een gevolg was van hun onverdroten waarnemingen.

CHRIET TITULAER

Resultaten van de Pioneer-Venus-vluchten

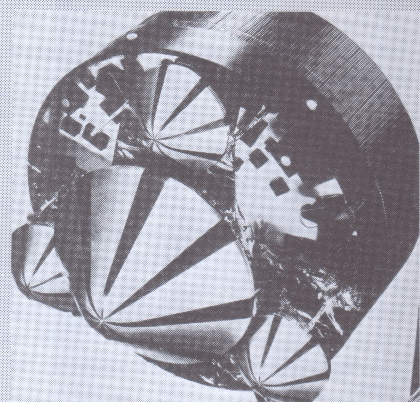




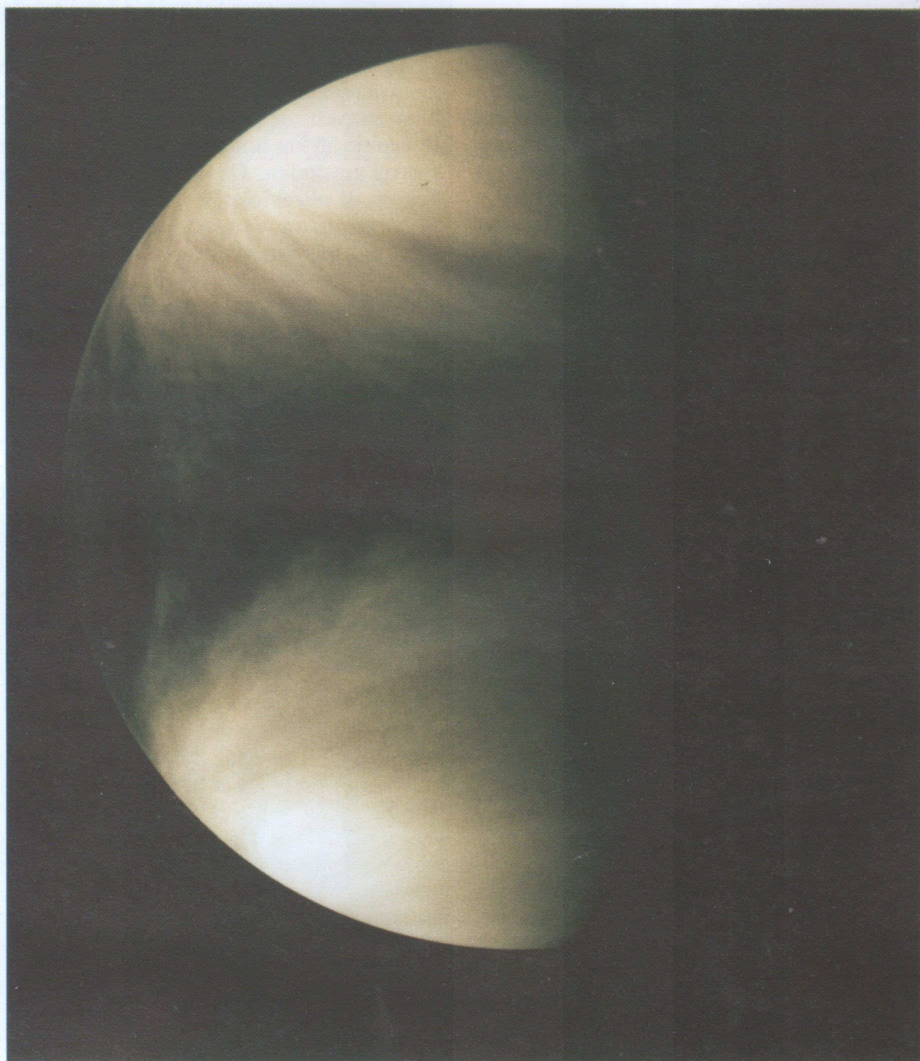
Fig. 1. Opname van de Venus-sikkel in ultraviolet licht, gemaakt op 7 december 1978 vanaf een afstand van circa 65 000 km. De Orbiter draaide toen al drie dagen in zijn baan om Venus. Als gevolg van de ongunstige (schuine) waarnemingsrichting zijn er in het wolkendek vrijwel geen details zichtbaar (foto NASA).

Op 5 december 1978 bereikte de Pioneer-Venus-1 sonde de planeet Venus en kwam in een baan rond die planeet. Op 9 december 1978 bereikte de Pioneer-Venus-2 haar doel, toen vijf sondes met meetapparatuur op verschillende plaatsen de atmosfeer van Venus binnendrongen. De voorlopige resultaten van deze vluchten zijn inmiddels gepubliceerd. Hieronder volgt een samenvatting van die resultaten.

Meteen na de landing van de Pioneer-Venus-2 sondes maakten de media bekend, dat er een extreem hoog argongehalte was gemeten op Venus en dat dit resultaat betekende, dat de theorie over het ontstaan van het zonnestelsel herzien moest worden. Volgens die theorie zijn zon en planeten uit één grote wolk van gas en stof ontstaan. Waarschijnlijk is de temperatuur in het centrum van die wolk, waar de zon werd gevormd, het hoogste geweest. Nadat de zon en de planeten uit verdichtingen in die wolk waren ontstaan, hadden beide ongeveer dezelfde samenstelling. Met name de *atmosfeer* van de planeten zou toen dezelfde samenstelling hebben gehad als de zon. Vervolgens zou de zonnewind, die toen veel sterker was dan thans, de lichte gassen hebben weggeblazen uit de atmosferen van de planeten dichtbij de zon. Het is toch mogelijk dat de getijdenwerking van de zon ervoor heeft gezorgd dat lichte gassen uit deze planeten werden getrokken en op de zon terechtkwamen. Intussen vond er 'ontgassing' plaats van de materie waaruit de planeten bestonden, en op die manier werd de atmosfeer van de betreffende planeet weer aangevuld. Volgens deze redenering zou de planeet Jupiter nog steeds vrijwel dezelfde samenstelling hebben die ze had bij haar ontstaan, doordat de invloed van de zon wegens de grote afstand gering is. Jupiter zou derhalve heel aardig de oersamenstelling van de gas- en stofwolk, waaruit het zonnestelsel ontstond, representeren.

Volgens de hier geschetste theorie zou het gehalte aan argon toenemen naarmate een planeet verder van de zon afstaat. De Amerikaanse Venussondes vonden echter enkele honderden keren méér argon en neon op Venus dan op de aarde. Er was al bekend dat het argongehalte op Mars *lager* was dan dat op aarde. Het ziet er dus naar uit dat het gehalte van deze edelgassen vanaf de zon

Fig. 2. Doordat de Orbiter zich hier in een gunstiger positie t.o.v. de terminator van Venus bevindt, is nu goed de structuur in de hogere atmosfeer te zien. Opvallend zijn de heldere poolgebieden en de symmetrische structuur van het wolkendek. De opname werd gemaakt op 30 december vanaf een afstand van 43 000 km (foto NASA).



naar de buitenste regionen van ons zonnestelsel niet toeneemt, maar juist afneemt. De geschetste theorie voor het ontstaan van het zonnestelsel kan dit niet verklaren en moet derhalve aangepast worden (niet totaal vervangen worden zoals media berichtten in december 1978).
Het zou volgens de nieuwe theorie kunnen zijn dat de temperatuursverdeling in de wolk waaruit zon en planeten ontstonden anders is dan tot nu toe werd gedacht. Als de hele wolk aanvankelijk een uniforme temperatuur (en geen heet centrum) heeft gehad, dan zou de zwaartekracht ervoor hebben gezorgd dat er een concentratie van lichte elementen in het centrum plaatsvond. De lichte gassen zouden het meest voorkomen op de plaatsen waar de druk het hoogste is, dus in het centrum. Daar zouden dan relatief veel van die lichte edelgassen worden opgeslagen in de zich vormende vaste materie. De korrels klonterden samen tot gesteenten, die nu nog de kern van de aardse planeten uitmaken. Vervolgens werd de zon heter, waardoor de oeratmosferen werden weggeblazen. De volgende stap was ontgassing van de planeetlichamen en vorming van de huidige atmosfeer. Omdat er dichtbij het centrum méér edelgassen in de planeten lagen opgeslagen, zouden er meer van die gassen vrijkomen; vandaar dat de argon- en neonconcentratie op Venus hoger is dan op aarde en op aarde hoger dan op Mars. Mercurius is een uitzondering: die planeet staat zo dicht bij de zon dat ook de door ontgassing gevormde atmosfeer zich niet kon handhaven, doch door de zonnewind werd weggeblazen.

Broeikastheorie bevestigd

Op het oppervlak van Venus zijn temperaturen van 450 tot 500°C gemeten. De Russische landingen van jaren geleden kwamen in dit opzicht met de eerste direkte metingen; de Amerikaanse vluchten hebben de hoge temperaturen bevestigd. De verklaring voor de hoge temperaturen is het *broeikaseffekt:* de warmte van de zon kan wel de atmosfeer binnendringen, maar ze kan er moeilijk uit ontsnappen.
De verklaring voor dit broeikaseffekt zit in de samenstelling van de Venusatmosfeer: volgens de nieuwe Amerikaanse metingen is dat 97% CO_2, 1 à 3% N_2, 250 ppm (parts per million = aantal deeltjes per miljoen deeltjes) helium, 6-250 ppm neon en 20-200 ppm argon. Onder het wolkendek werd verder 0,1-0,4% waterdamp gemeten, 240 ppm SO_2 en 60 ppm O_2. Indirekt werd aangetoond dat er ook zwavelzuur en vaste zwaveldeeltjes in de Venusatmosfeer zitten. Men verwacht bij een nadere analyse van de Pioneer-Venusgegevens nog meer zwavelverbindingen te kunnen aantonen.

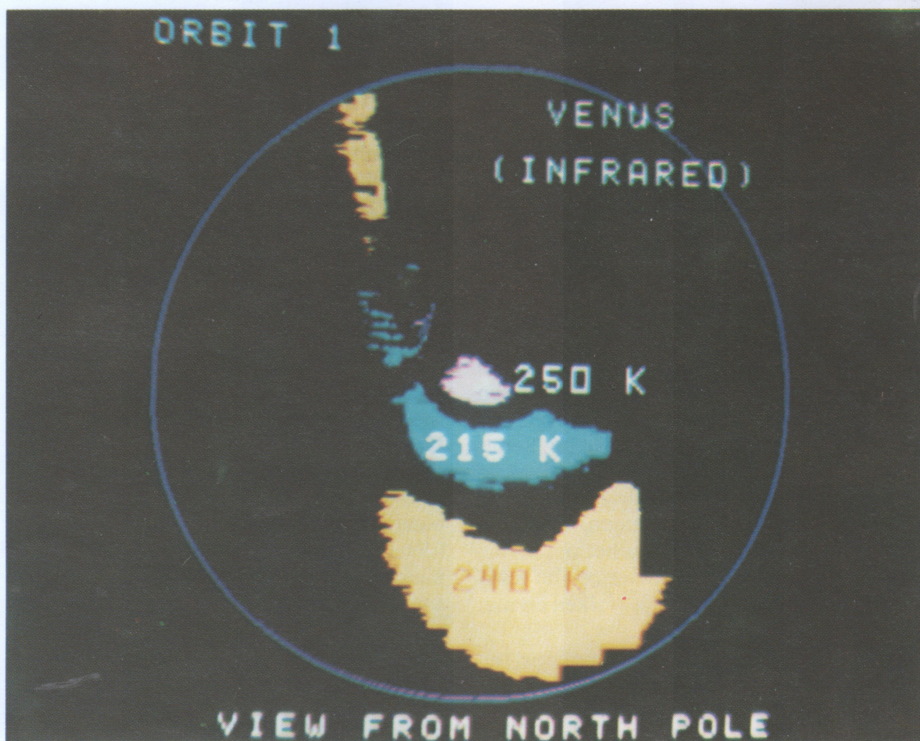


Fig. 3. Het poolgebied van Venus, waargenomen met de infraroodstralingsmeter van de Orbiter. Het kruisje in het midden geeft de pool aan, de grote cirkel de equator. Er zijn drie duidelijk onderscheiden temperatuurgebieden zichtbaar (aangegeven in graden Kelvin). De opname werd gemaakt op 1 december, toen de Orbiter nog in zijn baan om Venus moest komen (foto NASA).

»

Het broeikaseffekt komt in de eerste plaats voor rekening van het CO_2. Van het zonlicht dat op Venus valt wordt ongeveer 75% door de Venusatmosfeer gereflekteerd. Het overblijvende deel wordt voor 60% geabsorbeerd door de wolken, voor 15% door de atmosfeer boven de wolken, voor 15% door de lage atmosfeer en voor 10% door het oppervlak. Als deze energie tracht te ontsnappen, zullen vooral het CO_2, maar daarnaast ook de aangetoonde waterdamp, dit proberen te verhinderen. Zowel CO_2 als waterdamp zorgen dus voor een broeikaseffekt. Bovendien zullen ook de vaste zwaveldeeltjes en de druppeltjes zwavelzuur de energie beletten te ontsnappen. Alles bij elkaar is Venus een zeer efficiënte broeikas, waarbij op het oppervlak zeer hoge temperaturen kunnen ontstaan. Vroeger werd wel gedacht dat een warmtecirculatie, die warmte van de bovenkant van het wolkendek naar het oppervlak transporteerde, de hoge temperatuur kon verklaren. De broeikastheorie lijkt echter definitief de juiste verklaring te zijn.

Drie wolkenlagen

De indikaties afkomstig van vroegere Russische vluchten, dat de Venuswolken pas op een zekere hoogte hangen, zijn bevestigd. Er blijken drie wolkenlagen aanwezig te zijn. De bovenste laag is 14 km dik en strekt zich uit van 56 tot 70 km hoogte. Deze wolkenlaag bestaat uit druppeltjes zwavelzuur van 1 à 2 micron middellijn; de vloeibare deeltjes komen voor in een concentratie van 300 per kubieke centimeter. De tweede wolkenlaag is 6 km dik en strekt zich uit van 50 tot 56 km hoogte. In deze laag vinden we behalve de 1 à 2 micron grote deeltjes zwavelzuur ook vloeibare deeltjes van 4 micron, alsmede vaste zwaveldeeltjes van 10 à 15 micron. De dichtheid is hier 100 deeltjes per kubieke centimeter. De derde en laagste laag is slechts 2 km dik en strekt zich uit van 48 tot 50 km hoogte. Deze laag is met 400 deeltjes per kubieke centimeter de dichtste van alle lagen; in deze laag heerst een temperatuur van 202°C. In de middelste laag bedraagt deze 20°C en in de toplaag 13°C.
De laagste laag bevat veel grote deeltjes (10 à 15 micron) van zowel vast als vloeibaar zwavel. De temperatuur in die laag ligt namelijk in de buurt van het smeltpunt van zwavel. Onder de 48 km vinden we eerst een paar dunne overgangslagen en dan een heldere atmosfeer. Een waarnemer op Venus zou dus een goed zicht hebben, doch altijd een bewolkte hemel. Onder de 30 km zou hij echter geen wolken waarnemen. Dit betekent dat alle tekeningen van het oppervlak van Venus fout zijn: men ziet op die tekeningen immers altijd mist of wolken en niet de planeet zelf.
In de drie wolkenlagen is een circulatie van deeltjes geconstateerd. De druppeltjes zwavelzuur en de vaste deeltjes vallen naar beneden en bereiken op 48 km hoogte de warme wolkenlaag. Op die hoogte verdampt het materiaal en wordt het opgesplitst in moleculen. In die omgeving zijn waterdamp, SO_2 en moleculaire zuurstof aangetoond en men verwacht er nog een aantal zwavelverbindingen te zullen vinden. De produkten die daar zijn gevormd worden weer omhooggestuwd. Mogelijk onder invloed van ultraviolet zonlicht vinden er nieuwe reakties plaats en wordt weer vloeibaar zwavelzuur en vaste zwavel gevormd. Boven de 56 km hoogte is geen elementaire zwavel gevonden. De donkere banden, die ook op de ultravioletfoto's van Mariner-10 zo mooi in de Venusatmosfeer zichtbaar zijn, zijn banden als gevolg van absorptie van zonlicht door zwavel (UV-zonlicht dat door de ijle hogere lagen is heengedrongen).

Dag en nacht even warm

Met de infrarood-stralingsmeter werd aangetoond dat er geen wezenlijk temperatuurverschil is tussen de top van de wolkenlaag aan de dag- en aan de nachtzijde van Venus. Er werd evenmin een echt hoogteverschil in de wolkentop tussen dag- en nachtzijde gemeten.
In de buurt van de polen is een neergaande circulatie in de Venusatmosfeer geconstateerd. Deze circulatie zorgt voor een soort 'gat' in de atmosfeer bij de polen. Dat gat zien we in de hoogte van het wolkendek: bij de polen is de toplaag 10 km minder hoog dan er net buiten. De temperatuur van de wolken in dat gat is relatief hoog. Vroeger was al eens bekend gemaakt dat de wolken in de poolgebieden 10 °C kouder waren dan bij de evenaar. De werkelijkheid blijkt nu precies het tegenovergestelde te zijn: de temperatuur in de wolken bij de polen is juist 10 °C hoger! Boven de wolkenlagen is er een ijle verstrooiende laag, die bij de polen dikker is. Die verstrooiende laag heeft dezelfde reflecterende en verstrooiende eigenschappen als de cirruswolken op aarde: mogelijk bevat ze ook druppeltjes en ijskristallen.

Oppervlak niet zo bekraterd

De resultaten van de radarmetingen aan het oppervlak van de planeet zijn nog erg voorlopig. Het ziet er in elk geval naar uit dat Venus niet is bezaaid met kraters. Er zijn grote vlakke gebieden gevonden, doch er is ook een hoogteverschil van 3 km over een lengte van 120 km geconstateerd. Dat hoogteverschil zou een grote bergkam kunnen zijn. Voorlopig houden de onderzoekers het erop dat Venus er veel aardser uitziet dan Mars of de maan.
De sonde uit de Pioneer-Venus 2 die op de dagzijde landde toonde ook de aanwezigheid van fijne stofdeeltjes aan. Deze sonde bleef gedurende 67 minuten na de landing (die bij een snelheid van 35 km/uur had plaatsgevonden) gegevens uitzenden. De sonde, die 90 kg woog, liet zien dat het drie minuten duurde voor het stof dat bij de landing was opgewerveld, weer was teruggevallen.
Naar schatting 10% van het niet gereflekteerde deel van het zonlicht bereikt het oppervlak van Venus. Een waarnemer op Venus kan door het dichte wolkendek niet zien waar de zon staat. Hij staat echter niet in het donker, doch in een schemerachtig rood licht. De grote dichtheid van de atmosfeer bewerkt grote verstoringen in het optische beeld dat hij waarneemt. De dichtheid van de atmosfeer is 91 maal die op aarde, de temperatuur bedraagt 453 °C en het zicht is 3 km. De helderheid is vergelijkbaar met die op aarde op een nevelige dag.

Waar bleef het Venus-water?

Volgens de gangbare theorieën is Venus op dezelfde manier ontstaan als de aarde. Dit betekent dat Venus veel meer water gehad moet hebben dan er nu wordt gevonden. Waarschijnlijk is dit water verdampt en in de Venusatmosfeer terechtgekomen. In de top van die atmosfeer viel water onder invloed van het licht van de zon uiteen in waterstof en zuurstof. Het lichte waterstof is in de loop der tijden ontsnapt uit de Venusatmosfeer. Dit proces van waterverdamping en van dissociatie (uit elkaar vallen) heeft zich gedurende de eerste anderhalf miljard jaar van het bestaan van Venus afgespeeld. Gedurende de drie miljard jaar die daarna nog verstreken, is het zuurstof gebonden in de gesteenten van Venus; daardoor wordt er nu nauwelijks nog zuurstof op Venus gevonden.

Chemisch Vuur

De twee nachtsondes (sondes die afdaalden op de nachtzijde) namen, terwijl ze op 13 km hoogte waren, een gloed waar. Deze gloed werd sterker naarmate de sondes verder daalden. Uit metingen met de massaspectrometer blijkt dat deze 'chemische vuren' mogelijk de zichtbare tekenen kunnen zijn van chemische reakties, waarbij zwavelverbindingen een rol spelen. Die reakties vinden plaats in de hete en dichte, laagste delen van de Venusatmosfeer. De onderzoekers sluiten echter ook een andere verklaring niet uit: dat de gloed het resultaat was van het contact tussen capsules en Venusatmosfeer (wrijvingswarmte of elektrische ontlading).
Veel andere resultaten moeten nog verder uitgewerkt of bevestigd worden. Zo blijkt de interactie tussen de zonnewind en de Venusatmosfeer veel sterker te zijn dan was verwacht. De komende maanden mogen we nog nieuwe resultaten verwachten, niet in de laatste plaats doordat de Pioneer-Venus-1 nog volop in zijn baan in bedrijf is.
De voorlopige resultaten van de twee Amerikaanse Pioneer-Venus vluchten werden gepubliceerd in *Science* van 15 februari 1979.

Verhoogde radonemissie voorbode van aardbevingen?

Wetenschapsmensen van General Electric Company in de Verenigde Staten hebben gevonden dat de aarde een 'ademende' planeet is, en op bepaalde plekken aan haar oppervlak van tijd tot tijd kortdurend edelgas uitstoot. Mochten deze uitkomsten door verdere proeven worden bevestigd, dan zouden ze nieuwe aanwijzingen kunnen geven over de geologische condities op honderden meters onder het aardoppervlak.
De onderzoekers van GE hebben hun studie geconcentreerd op het gedrag van radon. Radon is een edelgas dat vrijkomt bij het verval van uranium: een radio-actief element dat wijd verspreid in de aardkorst wordt aangetroffen. Radon is overigens slechts één van de vele gassen die van nature in de bovenste lagen van onze planeet voorkomen. Die bovenste, relatief poreuze lagen zijn veelal doorzeefd met breuken en scheuren.
In de afgelopen twee jaren hebben de onderzoekers te Thoreau (New Mexico, V.S.) en te Blue Mountain Lake (N.Y., V.S.) de radonconcentraties in het aardoppervlak gemeten. In deze gebieden treden jaarlijks vele kleine aardschokken op. In New Mexico boorden de GE-mensen in een gebied van 360 bij 140 meter in totaal 55 gaten van ruim 60 cm diep.
In deze gaten werden speciale radondetectoren geplaatst, waarmee gedurende een periode van negen maanden iedere maand de radonconcentratie in elk gat werd gemeten. In die tijd onthulden de detectoren twee tijdvakken waarin reeksen radonmeetwaarden minstens tweemaal zo hoog waren als de normale meetwaarden.
De speciale radondetector, een uitvinding van General Electric, wordt door Terradex Corp. op de markt gebracht als onderdeel van een radoncarteringsdienst voor het opsporen van uranium. De kunststofdetector registreert alfadeeltjes die vrijkomen bij het verval van radon. De op de radondetector invallende alfadeeltjes trekken etssporen in de kunststof, zodat door het aflezen en tellen van de sporen een indruk kan worden verkregen van de hoeveelheid radon op de desbetreffende lokatie.
Na overweging van mogelijke verklaringen voor de gevonden abnormaal hoge radonwaarden, concludeerden de wetenschapsmensen van GE als meest waarschijnlijk, dat onderbroken opwaartse radonstromingen – 'ademstoten' – in het onderzochte gebied waren opgetreden. Dergelijke gasstoten zouden een stroomsnelheid van rond de tien centimeter per uur hebben.



Richard S. Likes, Robert L. Fleischer en Antonio Mogro-Campero (v.l.n.r.) van het GE-researchcentrum concentreerden hun studie op het gedrag van radon, een edelgas dat vrijkomt bij het verval van uranium. Links op de foto staan stapels speciale kunststof-radondetectoren. Fleischer houdt in zijn hand een ander soort detector, onderdeel van een elektronische monitor, die niet alleen doorlopend de radonconcentraties, maar ook atmosferische omstandigheden ter plaatse meet en registreert.

Voorspellingen

Een mogelijke praktische toepassing van dit onderzoek – dat nog in een eerste stadium verkeert – ligt in het voorspellen van aardbevingen. Veranderingen in radonconcentraties treden op in aardbevinggevoelige gebieden, en eerder gedaan onderzoek wees uit dat een variatie in radonconcentraties indiceert dat een aardbeving op til is. Te Blue Mountain Lake – in het hart van het Adirondack gebergte in de staat New York – bemerkten de GE-onderzoekers een krachtige verhoging van de radonniveaus ten tijde van de sterkste aardschokken uit een reeks bevingen. Hier gebruikten zij een speciaal geconstrueerde elektronische monitor, die niet alleen doorlopend de radonconcentraties in een ruim 60 cm diep gat registreerde, maar ook de temperatuur, neerslag, atmosferische druk en windsnelheid ter plaatse.
Na 36 maanden onderzoek op deze lokatie stelden dr. Fleischer, dr. Mogro-Campero en Richard S. Likes vast dat er kennelijk geen verband bestaat tussen de verhoogde radonmeetwaarden en atmosferische condities. Deze constatering verkleint de kans dat weersomstandigheden ter plaatse de opwaartse radonstroming in positieve of negatieve zin kunnen beïnvloeden. De aanvankelijk geopperde uitleg dat de normale opwaartse radonstroom door de aardkorst wordt vergroot door ongebruikelijk grote hoeveelheden regen moest worden verworpen, omdat de eerste maand waarin hoge meetwaarden optraden weliswaar natter was dan normaal, maar de tweede periode daarentegen juist droger dan normaal was.
De onderzoekers van GE zullen hun studie voortzetten naar de onderaardse radonstroom in New Mexico en New York, en wellicht ook op andere lokaties. Dit onderzoek wordt via de Bendix Field Engineering Corp. ten dele gesubsidieerd door het Amerikaanse Ministerie van Energiezaken.

CT/General Electric persbericht.

ED HENGEVELD

Tien jaar maanlanding

Van-avond | De vergeten medeminnaar Nederland 2, 21.05 uur

Het Vrije Volk — EXTRA EDITIE

Hoofdredacteur E. Messer — Maandag 21 juli 1969, 25e jaargang, no. 7305

MAANdag 21 juli 1969, 03.57 uur

DANSEN OP DE MAAN

'Kleine stap voor man, reuzesprong voor mensheid'

ARMSTRONG

Behoedzaam wandelt Armstrong als eerste mens op de maan. Enkele minuten later zou hij gezelschap krijgen van collega-astronaut Aldrin.

Armstrong: Poeder kleeft als houtskool aan mijn schoenen

Van onze redacteur wetenschappen PIET HEIL

'Een klein stapje voor een man, maar een reuzensprong voor de mensheid.' Het was drie minuten voor vier in de ochtend van deze maandag 21 juli 1969 toen de burger Neil Armstrong deze woorden sprak.

Van deze schokkende en verbijsterende maandag, waarop voor de ogen van miljoenen televisiekijkers op aarde de eerste mens voet zette op de maan. Een aarzelende voet, die voorzichtig tastte naar het poederige stof van de maanbodem.

Later maakten Armstrong en Aldrin dansende bewegingen.

Om 3.40 uur was het luik van de Eagle geopend. Om 3.52 uur stond Armstrong op het platform, tastend naar de sporten van de ladder. Om zes minuten voor vier flitste in Houston en in de huiskamer het televisiescherm op. En vaag, allengs duidelijker, doemde de schim op van de man, die sport voor sport afdaalde naar de maanbodem.

ALDRIN — COLLINS

Enkele minuten later zag men hoe de eenzame figuur met de zware rugbepakking zich van de Eagle verwijderde. Zijn stem bleef duidelijk. Hij vertelde dat het staan en lopen meeviel. Hij zei dat hij moeite had een opgeraapte steen in zijn broekzak te krijgen. De maanwandeling was begonnen.

Zes uur tevoren had de Eagle een volmaakt geslaagde zachte landing uitgevoerd in de Mare Tranquillitatis op het oostelijk halfrond van de maan.

'Hier is de Basis Tranquillitatis. De Eagle is geland.' Met deze woorden meldde Neil Armstrong even na het landingstijdstip 9.17 uur de aankomst van de eerste mensen op de maan. Dat was 102 uren, 45 minuten en 24 seconden na de start van de maanexpeditie van Kaap Kennedy.

Zo fit en uitgerust waren de maanlanders Armstrong en Aldrin na hun adembenemende afdaling, dat het tijdstip van uitstappen en maanwandeling aanzienlijk vroeger kon komen dan op de programmatijd van 7.21 uur.

Ongelofelijk

Terwijl de eenzame Collins in de Columbia enige malen bij het overvliegen van de landingsplek vergeefs uitkeek naar de Eagle (die van 110 kilometer hoogte dan ook vrijwel onbespeurbaar moest zijn, tenzij door lichtreflexen) voltrok zich beneden hem het volstrekt ongelofelijke, dat door de aardbewoners wél kon worden gezien. Niet erg scherp weliswaar, maar toch voldoende duidelijk om een brok te jagen in de keel van ieder die dit op datzelfde ogenblik kon meemaken.

Daar stond een mens op een andere wereld. Zwaar bepakt en ogenschijnlijk lomp. Maar hij danste! Na de voorzichtige eerste stappen begon Armstrong dansende bewegingen te maken. Zijn stem beefde enigszins toen hij beschreef wat hij zag en voelde. 'Het lijkt me niet moeilijk hier te lopen. De motor heeft geen krater gemaakt van enige betekenis.

We staan op erg vlakke grond. In de schaduw is het volslagen donker en het is moeilijk om te zien waar ik mijn voeten zet. Het oppervlak is poederig. Ik zak er niet verder in dan een halve centimeter. Het blijft als houtskool aan mijn schoenen zitten. Alles is erg duidelijk zichtbaar.'

Korte tijd daarna stapte ook Aldrin naar buiten. Samen brachten de mannen de televisiecamera nu op een afstand van de landingsplek, zodat de Eagle ten voeten uit in het beeld verscheen.

En dit alles terwijl de beelden scherper werden en de mannen zich kennelijk steeds makkelijker gingen bewegen.

Zie verder pagina 3, 1ste kolom

LEM VLIEGT

Landing schot in roos

(Van een onzer verslaggevers)

Een schot in de roos. Zo mag de landing genoemd worden, ook al heeft Houston berekend, dat de Eagle iets buiten het doelgebied is geland langs de beoogde noord-zuidstrook, maar binnen de oost-weststrook.

Hoe aardig nauwkeurig dit toch is, wordt duidelijk als men weet dat een landingsgebied, was uitgezet in ovaalvorm met van het brandpunt uit gerekend 5,76 kilometer in de langste richting en 2,52 kilometer in de kortste.

Niet dat men in Houston opkijkt van deze precisie (die enigszins doorkruist moest worden omdat Armstrong liever niet in een krater wou landen). Vóór het vertrek van de expeditie hadden de deskundigen al verkondigd dat landing binnen het ovaal van het doelgebied volgens hen 99 percent kans had. Het klonk toen nogal eigenwijs. Maar het klopte wél.

Duizelig bij een jaartal

Voor het eerst in (hoeveel?) miljoenen jaren is er leven op de maan. De eerste mensen zijn aangekomen: Neil Armstrong en Edwin Aldrin, een paar tamelijk willekeurige afgezanten.

Wanneer over honderd jaar nog maar tien wereldjaartallen worden onderwezen, dan zal in elk geval 1969 er bij zijn. Het is een vreemde gedachte dat wij nu net in dat jaar leven. En dat wij (anders dan de tijdgenoten van Columbus in 1492) met eigen ogen konden zien 'hoe het gegaan is'.

Een vreemde gedachte is het ook dat onze gevoelens onmogelijk in verhouding kunnen staan tot de betekenis van het ogenblik. Het ogenblik omvat namelijk de toekomst. Zoals pas na eeuwen terugkijkend kon worden beseft wat de ontdekking van Amerika betekende, zo zal pas aan volgende generaties duidelijk zijn hoe de verovering van de maan het leven op onze planeet heeft veranderd.

Die verandering staat vast, al kunnen we dat niet bewijzen. We spreken met zekerheid over onzekerheid. We maken de eerste uren mee van een nieuw tijdperk, waarin de mens zijn invloed zal laten gelden op andere hemellichamen en daarvan zelf weer de invloed zal ondergaan. Bij gebrek aan voorspellende gaven is voor ons verborgen van welke aard die invloeden zullen zijn en tot welk goed of kwaad ze zullen leiden.

We kunnen vandaag alleen de geboorte vaststellen. Het is gebeurd, of ieder van ons het er persoonlijk mee eens was of niet. Na ons zal nooit betwijfeld worden dat het moest gebeuren. Men zal zeggen: de tijd was er rijp voor.

De maan is bereikt. Dat is een verwezenlijkt doel, een verwerkelijkte droom. Onder andere lichtval is het tegelijk een pril en primitief begin. Zulke dubbele waarheden gelden op de grens waar historische tijdperken elkaar opvolgen. En wij hebben het meegemaakt. Het doet een beetje duizelen.

Fig. 1. De grote dag in de geschiedenis van de ruimtevaart.

Op maandag 21 juli 1969, om 03.57 uur Nederlandse tijd, zette astronaut Neil A. Armstrong als eerste mens voet op de maan. Hij verwezenlijkte hiermee niet alleen een eeuwenoude droom, maar loste tevens de belofte in die president John F. Kennedy in 1961 aan het Amerikaanse volk had gedaan. In een toespraak tot het congres, op 25 mei van dat jaar, zei Kennedy: 'I believe, that this nation should commit itself to achieving the goal, before this decade is out, of landing a man on the moon and returning him safely to the earth.' Het waren historische woorden, want hiermee was het startschot voor de race naar de maan gegeven. Een race, niet alleen tegen de tijd, maar ook tegen de Russen.

Twintig bemande ruimtevluchten, verdeeld over Mercury, Gemini en Apollo legden de grondslag voor een maanexpeditie. Met name de ervaring die werd opgedaan tijdens het Gemini-programma, dat in 1965-1966 werd afgewerkt, bleek van onschatbare waarde. Baanwijzigingen, ruimtewandelingen, duurvluchten, rendezvous en koppelingen werden uitgeprobeerd.

Een maanlanding in 1968 leek tot de mogelijkheden te behoren, totdat NASA, de Amerikaanse ruimtevaart-organisatie, een fikse tegenslag kreeg te verwerken. Bij een brand in een Apollo-cabine, op 27 januari 1967, kwamen de astronauten Grissom, White en Chaffee, aangewezen als bemanning voor Apollo 1, om het leven. Ernstige nalatigheid bleek indirect de oorzaak van het ongeluk te zijn. NASA wilde te snel naar de maan en had een aantal veiligheidsaspecten over het hoofd gezien. Een jaar lang lag het Apollo-project stil, eigenlijk nog vóórdat het was begonnen. Het gehele ruimteschip werd verbeterd en een aantal onbemande testvluchten werd uitgevoerd met wisselend succes.

Met Apollo 7 (oktober 1968) pakte men de draad weer op en in snel tempo werden vier geslaagde bemande vluchten uitgevoerd. In de lente van 1969 was Amerika klaar voor een maanlanding. De generale repetitie van Apollo 10 in mei was perfect verlopen en op lanceerplatform 39-A van Cape Kennedy stond weer een Saturn-5 raket klaar met op de top het Apollo 11 ruimteschip. Als bemanning voor de vlucht had NASA in januari aangewezen Neil A. Armstrong,

Fig. 2. Uitspraak van George van den Bergh (1890-1966) in het boekje 'Ruimtevaart of luchtkasteel?' uit 1960. Deze staatsrechtgeleerde en bekend amateurastronoom was van mening dat echte ruimtevaart niet alleen onmogelijk was, maar ook onnodig.

P. Mijn standpunt is dat ruimtevaart in de werkelijke betekenis van het woord, dat wil dus zeggen als *bemande* ruimtevaart, waarbij één of meer mensen van de aarde naar een ander hemellichaam vertrekken om daar enige tijd te blijven en vervolgens weer terug te keren naar de aarde *niet* mogelijk is. Nu niet en nimmer.

Michael Collins en Edwin E. Aldrin, Jr.
Op 16 juli ging het drietal van start. Velen zullen zich die zomerse week, die door president Nixon later 'the greatest week in the history of the world since the creation' werd genoemd nog herinneren. Via radio en televisie werden we van minuut tot minuut op de hoogte gehouden. Heel de wereld leefde mee met de astronauten en de kranten leken over niets anders te kunnen schrijven. Zelden hadden ontdekkingsreizigers een dergelijke belangstelling genoten.
Op zondag 20 juli was het moment gekomen dat de maanlander Eagle, met aan boord Armstrong en Aldrin, zich losmaakte van het moederschip Columbia en langzaam begon af te zakken naar het maanoppervlak. Honderden miljoenen mensen over de gehele wereld hoorden de gespannen opmerkingen van de astronauten toen zij in een met rotsblokken gevulde krater dreigden te landen. Armstrong nam de besturing van de computer over en zette de Eagle 100 meter verder aan de grond. De klokken in Nederland wezen 21.17 uur aan. Met de simpele woorden 'The Eagle has landed' liet hij het vluchtleidingscentrum in Houston en de wereld weten dat de opdracht was uitgevoerd.
Na een uitvoerige controle van de maanlander klommen de astronauten naar buiten, waar zij zo'n twee uur en twintig minuten lang bodemmonsters namen en wetenschappelijke instrumenten installeerden. Via een kleine zwart-wit televisiecamera waren al hun verrichtingen op aarde rechtstreeks te volgen. (Het bescheiden uitstapje van Armstrong en Aldrin zou tijdens latere maanlandingen uitgroeien tot excursies per auto, die soms wel acht uur duurden.)
Tegen het eind van de maanwandeling begaven de astronauten zich weer aan boord van de Eagle voor een korte slaapperiode, waarna de voorbereidingen voor het vertrek begonnen. Na een verblijf van zo'n etmaal op de maan steeg de maanlander weer op, daarbij zijn eigen onderstuk als lanceerplatform gebruikend. Moeiteloos zochten Armstrong en Aldrin de eenzaam achtergebleven Collins in de Columbia weer op en koppelden vast. De kostbare maanmonsters werden overgeladen, waarna de Eagle werd afgestoten en de drie astronauten aan de terugreis naar de aarde begonnen. Na de 'splashdown' in de Stille Oceaan, op 24 juli, stond hen nog een quarantaine-periode van drie weken te wachten om te voorkomen dat zij een of andere op aarde onbekende ziekte zouden verspreiden. Half augustus werden de drie tenslotte 'vrijgelaten'.

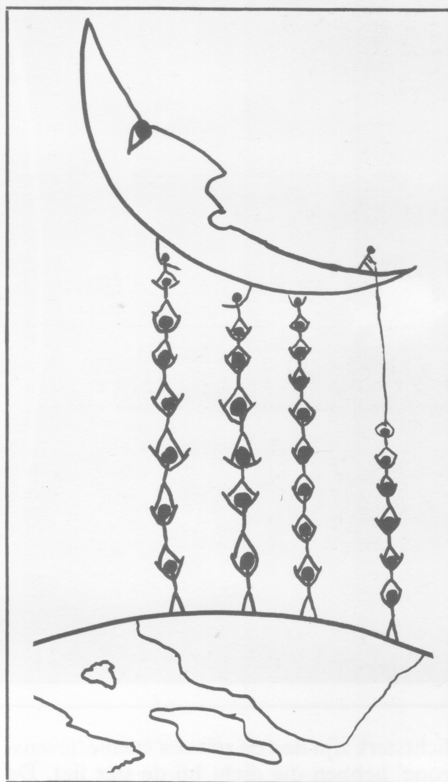


Fig. 3. De afstand aarde-maan is kosmisch gesproken zo klein, dat zij nog net binnen ons voorstellingsvermogen valt. Een in dit jaar van het kind toepasselijke voorstelling is de volgende: als alle kinderen (onder de 14 jaar) van de wereld op elkaars schouders gingen staan, dan zou dit een toren vormen die 3,5 maal zo hoog was als de afstand tot de maan (tekening van Sophie en David Brabijn in de UNESCO Koerier, februari 1979).

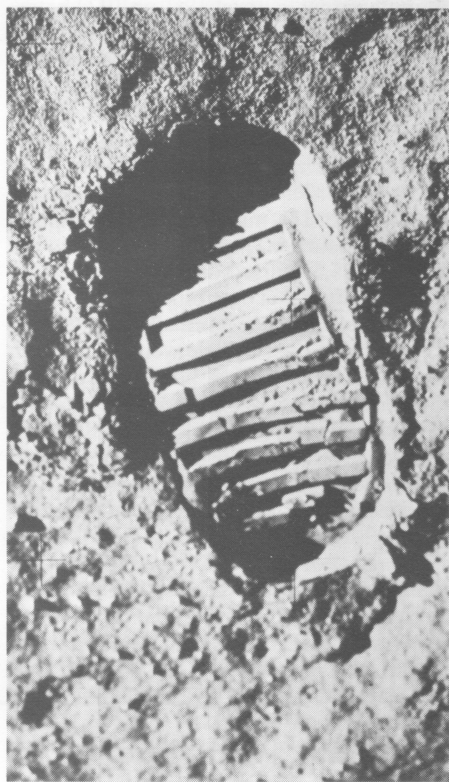


Fig. 4. Zij liggen er nog steeds: de voetstappen die de Apollo-astronauten in het bovenste laagje van het maanoppervlak maakten. Bij velen roepen zij wellicht de herinnering op aan Neil Armstrongs eerste woorden: 'Een kleine stap voor een man, maar een reuzensprong voor de mensheid' (foto NASA).

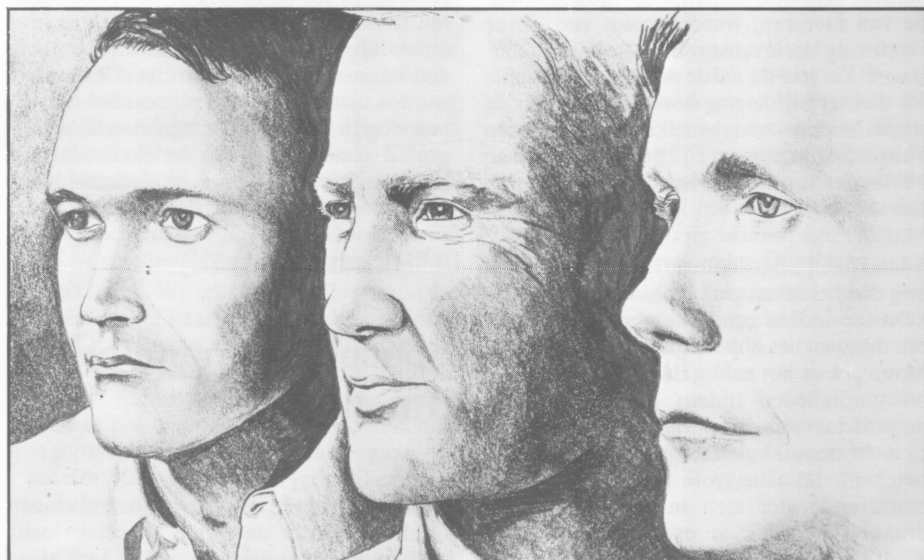
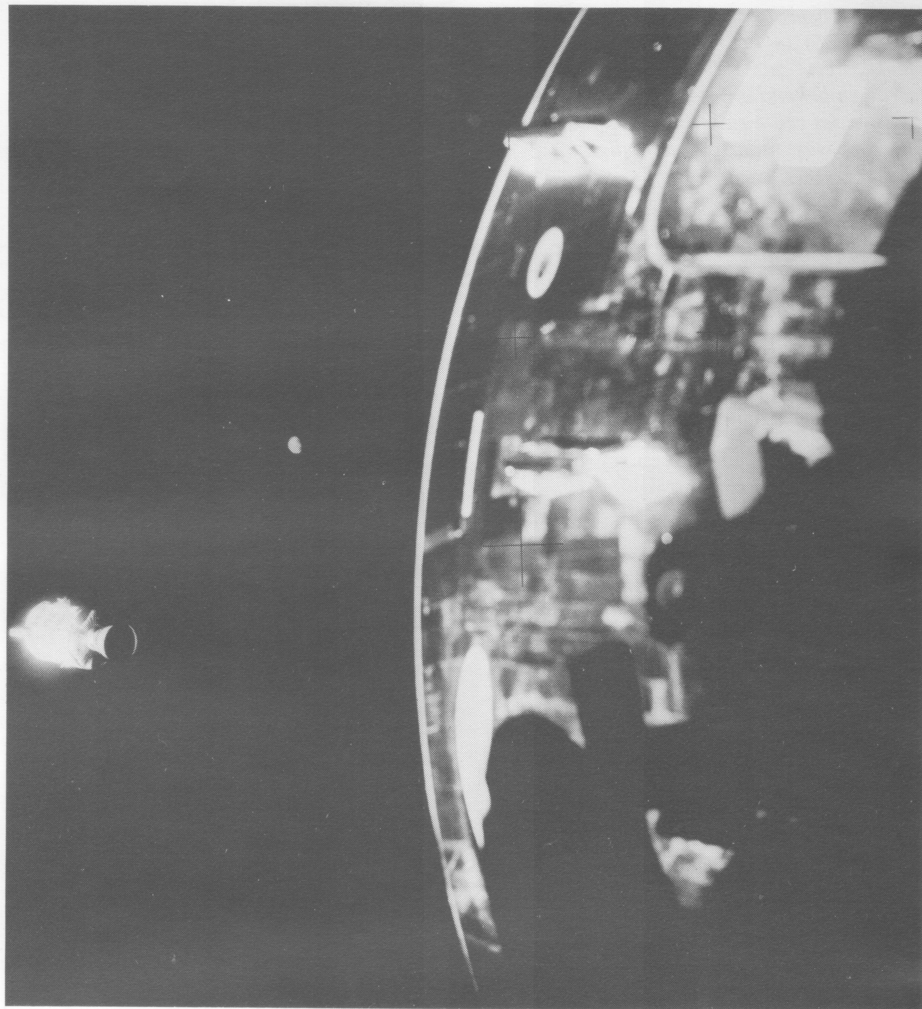


Fig. 5. Portret van de bemanning van de Apollo 11, getekend door de auteur. Van links naar rechts: Michael Collins (die niet op de maan landde), Edwin E. Aldrin en Neil A. Armstrong.

Fig. 6. Eén Apollo vlucht, die van nummer 13, mislukte, maar zonder dat er ongelukken gebeurden. Na een explosie in het dienstcompartiment slaagde men er toch in de Apollo in een zodanige koers te brengen, dat na een vlucht achter de maan langs de aarde weer kon worden bereikt (foto NASA).



Terwijl de astronauten aan anderhalf jaar van goodwill-reizen naar alle uithoeken van de wereld begonnen, ging het maanprogramma verder. Tussen 1969 en 1972 betraden in totaal 12 Amerikanen de maan, waar zij zo'n 60 wetenschappelijke experimenten uitvoerden. Nog eens 34 experimenten werden uitgevoerd in een baan om de maan. Projekt Apollo voorzag in tien landingen; het werden er zes. Eerst één, toen nog twee vluchten werden geannuleerd. Eén vlucht mislukte (no. 13), maar zonder dat er ongelukken gebeurden. Apollo kostte in totaal ongeveer 25,5 miljard dollar.
NASA heeft op het ogenblik de beschikking over bijna 350 kg maanmateriaal, genoeg om geleerden over de hele wereld nog jaren met onderzoek bezig te houden. De eerstvolgende stap op weg naar kolonisatie van de maan zal waarschijnlijk het stichten van een kleine basis zijn, die permanent bemand zal worden door een groepje onderzoekers. Serieuze plannen op dit gebied zijn er echter nog niet, zodat het niet waarschijnlijk is dat de mens vóór de eeuwwisseling naar de maan terug zal keren (een Russische verrassing voorbehouden). Een reden te meer om de herinnering aan het schuchtere begin van Apollo 11 niet te laten vervagen.

Wellicht veel minder leven in het heelal

Schattingen omtrent het mogelijke aantal bewoonbare planeten in ons melkwegstelsel komen gewoonlijk op zeer hoge aantallen uit. Michael H. Hart van de Trinity-universiteit in San Antonio (Texas) heeft er echter op gewezen dat men wat dit betreft veel te optimistisch is. De levenscondities op een planeet berusten namelijk op een combinatie van factoren, waarbij reeds een kleine verstoring het levensevenwicht volledig verstoort. Zo zou de aarde wanneer zij slechts 5% dichter bij de zon stond al in een vroeg stadium door een broeikaseffect tot een Venussiaanse planeet zijn geworden. Zou zij 1% verder van de zon hebben gestaan, dan zou de aarde door een ijstijd-effect tot een Marsachtige planeet zijn geworden.
Vaak wordt uitgegaan van de veronderstelling dat het leven zich zou kunnen ontwikkelen op iedere geschikte planeet waarvan een deel van het oppervlak uit water bestaat. Maar ook is het nodig dat deze 'geschikte' omstandigheden tijdens de drie tot vier miljard jaar die het leven nodig heeft om zich te ontwikkelen blijven bestaan. Dit betekent dat van grote invloed is hoe de betreffende ster zich in die periode gedraagt. Dit alles in overweging nemend vindt Hart dat sterren die kleiner en minder lichtsterk zijn dan de zon een smalle 'levenszone' hebben die dicht bij de ster ligt. De breedte van deze zone slinkt tot nul voor sterren met een massa van 0,83 zonsmassa's. Rond de meeste K- en M-sterren zou dus geen leven kunnen ontstaan. Sterren met een massa groter dan die van de zon hebben een bredere levenszone die ook verder van de ster vandaan ligt. Een ster van 1,1 zonsmassa zou echter na 4 miljard jaar zoveel ultraviolette straling uitzenden, dat deze de ontwikkeling van het leven op het land ernstig zou belemmeren.
Hart komt tot de conclusie dat alleen sterren tussen 0,8 en 1,2 zonsmassa's gunstige omstandigheden voor levensvormen zouden kunnen bieden. Maar niet alle van hen zouden een aardachtige planeet hebben die ook nog in het smalle, toegelaten afstandsgebied rondcirkelt. Dit betekent dat het leven misschien dunner is uitgezaaid dan soms wordt gesuggereerd.

(GB/Icarus, 1979, p. 351)

Spacelabbemanning in training

De drie Europese en de twee Amerikaanse kandidaten voor de eerste Spacelabvlucht hebben een periode van een half jaar afgesloten, waarin ze kennis hebben gemaakt met de experimenten die op Spacelab-1 gevlogen zullen worden. Als de Space Shuttle alle problemen te boven is gekomen en werkelijk operationeel wordt zullen, op zijn vroegst in de tweede helft van 1981, één Amerikaan en één Europeaan in het eerste Spacelab in een baan om de aarde gaan werken.
In de genoemde periode van een half jaar bezochten de vijf Spacelab-bemanningsleden de instituten die experimenten voor Spacelab-1 bouwden. Doel van die bezoeken was het vertrouwd te raken met de wetenschappelijke achtergrond van de experimenten. Op het ogenblik oefenen de kandidaten met de hardware: de onderdelen en instrumenten die gebruikt gaan worden. Voorlopig ligt het zwaartepunt van de opleiding in Duitsland, omdat daar de Spacelab-1 experimenten geïntegreerd worden. Over een jaar zullen de werkzaamheden zich gaan concentreren op Cape Canaveral. Aanvankelijk wilde NASA in het Marshall Space Flight Center in Huntsville het Amerikaanse deel van Spacelab integreren. De leiding van het Kennedy Space Center op Cape Canaveral heeft het spel echter zo handig gespeeld, dat de integratie op de Cape zal plaatsvinden.
Wubbo Ockels, de Nederlandse kandidaat voor de Spacelab-1 vlucht, is inmiddels verhuisd naar Bonn. Over een jaar denkt Ockels op Cape Canaveral te wonen.
(C.T.)

F. VERBUNT

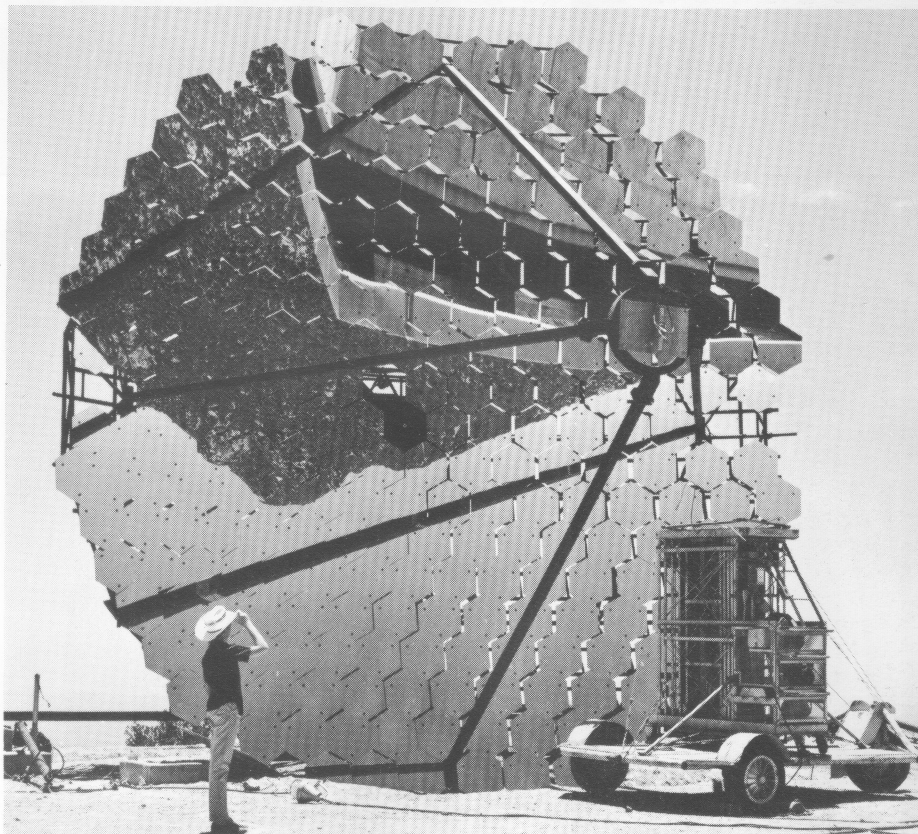
Op zoek naar ontploffende zwarte gaten

Volgens een theorie van de Engelse sterrenkundige Stephen Hawking zijn er in de vroegste geschiedenis van het heelal mogelijk lichte zwarte gaten ontstaan. Deze oer-zwarte-gaten zullen verdampen: in het begin langzaam, maar op het laatste explosief (zie Zenit 1979, p. 58). Bij de ontploffing van zo'n oer-gat wordt onder andere gammastraling uitgezonden, dat is licht met heel hoge energie. De laatste jaren zijn er verschillende satellieten gelanceerd die gammastraling kunnen meten, maar deze zijn er niet in geslaagd ontploffende zwarte gaten te ontdekken. Sterrenkundigen proberen ook vanaf het aardoppervlak de gammastraling te meten. De straling zelf kan niet doordringen tot op het aardoppervlak, omdat zij boven in de atmosfeer botst met daar aanwezige elektronen, die daardoor een zeer grote snelheid krijgen, botsen met andere elektronen die op hun beurt een zeer grote snelheid krijgen, enzovoort, zodat een hele regen van zeer snelle elektronen ontstaat. Deze elektronen zenden door hun hoge snelheid zichtbaar licht uit, *Cerenkov straling*, die we o.a. ook kennen van kernreaktoren: het water van een watergekoelde reaktor heeft een blauwige gloed als gevolg van de straling van de snelle deeltjes in het water.

Op Mt. Hopkins in Arizona hebben sterrenkundigen van het Smithsonian Astrophysical Observatory al sinds enkele jaren een 12-m spiegel van aluminium en glas opgesteld, die de Cerenkov-lichtpulsen meet die door gammastraling veroorzaakt worden. Op nevenstaande foto zien we Mt. Hopkins in de spiegel weerkaatst. Een probleem is dat ook snelle deeltjes van de zogenaamde kosmische straling die boven in de aardatmosfeer komen een regen van snelle elektronen kunnen veroorzaken. Dit probleem is oplosbaar doordat men verwacht dat gammastraling van een ontploffend oer-gat de hele aardatmosfeer tegelijk zal treffen, terwijl de deeltjes van de kosmische straling nu eens hier, en dan weer daar de atmosfeer binnenkomen. Behalve op Mt. Hopkins werd er daarom ook in White Sands in New Mexico, 250 mijl verderop, gemeten, en via een telefoonverbinding gecontroleerd of er gelijktijdige lichtpulsen gevonden werden. Omdat na 22 uur meten geen resultaat werd geboekt, moet er minder dan één ontploffend oergat per kubieke lichtjaar in het heelal aanwezig zijn.

Met de spiegel van nevenstaande foto kunnen ook andere bronnen van gammastraling, zoals pulsars en aktieve sterrenstelsels, worden waargenomen.

Bron: N. Poter en T. Weekes, A search for exploding black holes, Sky and Telescope 1978, p. 113.



De 12-meter spiegel op Mount Hopkins bestaat uit een mozaïek van 252 individuele veraluminiseerde glazen spiegeltjes. In het brandpunt bevindt zich een zeer gevoelige fotoëlektrische detector. Het instrument wordt gebruikt voor het registreren van de Cerenkov-lichtflitsjes, die door de gammastraling van mogelijke ontploffende zwarte gaten worden veroorzaakt (foto Smithsonian Astrophysical Observatory).

Naschrift
Prof. Strittmatter van de universiteit van Arizona vertelde mij (na het schrijven van bovenstaand stukje) dat de 12-m spiegel wegens gebrek aan resultaat buiten bedrijf is gesteld.

F.V.

Kunstmaan voor stratosfeeronderzoek

In februari j.l. werd vanaf het Wallops Flight Center (Virginia) in de Verenigde Staten de SAGE-A gelanceerd. SAGE staat voor Stratospheric Aerosol and Gas Experiment. Het doel van de satelliet is dan ook hoofdzakelijk het onderzoek van aërosols en van de ozonconcentratie in de stratosfeer: het gebied van de atmosfeer tussen ca. 12 en 50 km hoogte. De satelliet draait op een hoogte van 600 km om de aarde in een cirkelvormige baan die een hoek van 55° maakt met de evenaar. Het hoofdinstrument bestaat uit een fotometer, die in vier golflengtegebieden het licht van de zon meet, telkens wanneer deze boven de (satelliet-)horizon komt of er achter verdwijnt. Met behulp van deze metingen kan het dichtheidsverloop van verschillende bestanddelen in de atmosfeer worden afgeleid. Soortgelijke metingen voor de poolgebieden worden verricht door een instrument aan boord van de op 25 januari gelanceerde Nimbus-G. Tevens zal door onderzoekers in Europa, Japan en de Verenigde Staten met behulp van ballon- en raketexperimenten onderzoek 'van onder af' worden gedaan.

De SAGE kunstmaan is 1,6 m lang en weegt 'slechts' 150 kg. Hij kon dan ook worden gelanceerd met de lichtste van de door de NASA gebruikte raketten: de viertraps Scout-raket.

(GB/NASA-News 79-6)

ELLY DEKKER

aaaaaaacccccdeeeeeghiiiiiiillllmmnnnnnnnnnnoooopppqrrsttttttuuuuu

Christiaan Huygens: 1629-1695



Fig. 1. Portret van Christiaan Huygens, door F. Ottens

Christiaan Huygens heeft een aantal belangrijke bijdragen geleverd aan de ontwikkelingen in de sterrekunde van de zeventiende eeuw. Huygens was echter niet alleen astronoom; ook op andere gebieden, zoals optica, wiskunde en mechanica, heeft hij een aantal indrukwekkende prestaties geleverd. Omdat dit universele karakter van zijn werk reeds op andere plaatsen wordt toegelicht (zie bijv. de tentoonstellingscatalogus '*Christiaan Huygens, een quaestie van tijd*', Museum Boerhaave, Leiden) wordt hier, in het kader van de viering van zijn 350e geboortedag, alleen de betekenis van Huygens als astronoom toegelicht. Hierbij wordt ter illustratie één van zijn leukste ontdekkingen, de ringhypothese van Saturnus, in meer detail beschreven (zie ook het artikel op blz. 220 van dit nummer).

De allereerste waarnemingen van de ring rond de planeet Saturnus werden gedaan in het begin van de zeventiende eeuw. Het zou voor studenten van vandaag niet moeilijk zijn om op grond van althans sommige van die waarnemingen te besluiten tot het bestaan van die ring. Maar de waarnemers van toen wisten niet wat zij moesten zien en zagen het dan ook niet! Het raadsel van de vreemde verschijningsvormen van de planeet werd pas in 1656 opgelost door Christiaan Huygens. Deze oplossing kwam niet tot stand doordat Huygens over betere telescopen beschikte dan zijn tijdgenoten, maar doordat hij met meer inzicht en verstand te werk ging.

In zijn '*Systema Saturnium*', dat in 1659 verscheen en waarin Huygens de oplossing van het raadsel geeft en bespreekt, wordt door Huygens een samenvattende beschrijving gegeven van de toentertijd bekende verschijningsvormen van Saturnus. Deze serie waarnemingen begint met de ontdekking, door Galilei in 1610, dat de planeet een drievoudige struktuur vertoont. Galilei legde zijn ontdekking vast in een anagram:
smaismrmilmepoetaleumibunenugttauiras,
dat als oplossing heeft 'altissimum planetam tergeminum observavi' (ik heb gezien dat de hoogste planeet drievoudig is). De waarnemingen van Galilei werden o.a. in 1633 bevestigd door de Franse astronoom Pierre Gassendi, die de planeet beschrijft met 'bobbeltjes' ervoor en erachter en zo nu en dan wat 'harigheid' er omheen. De harige

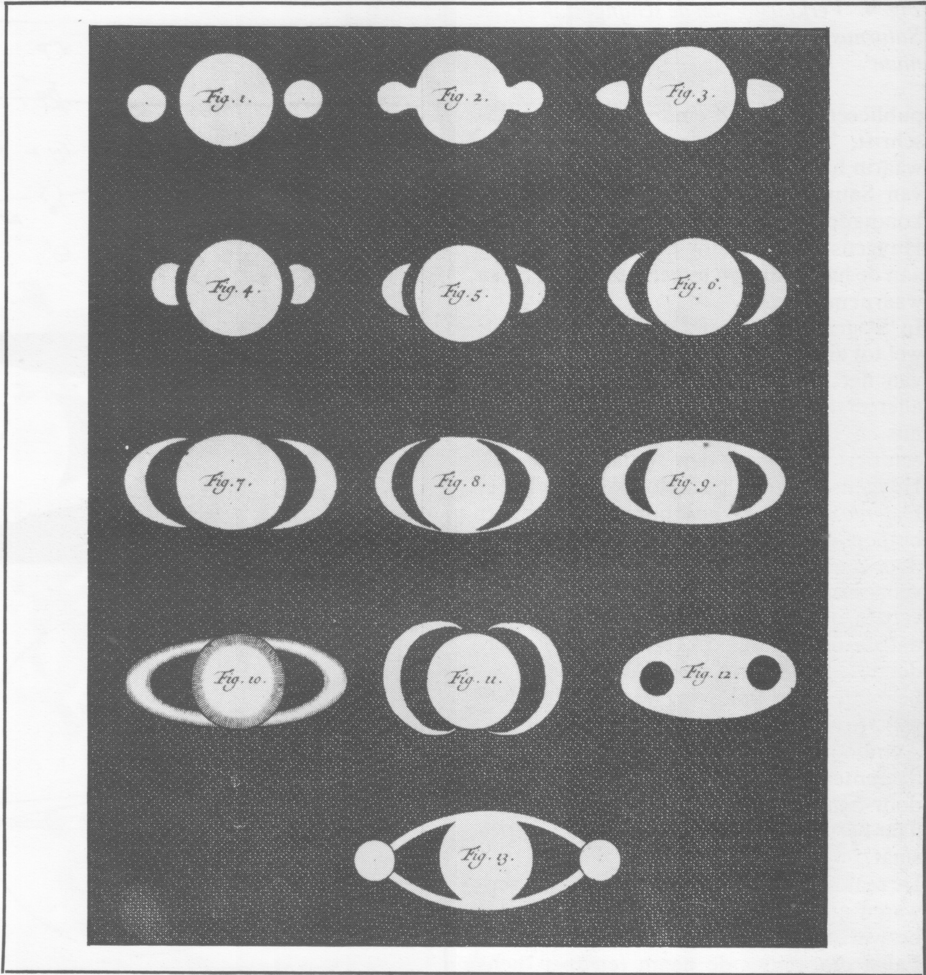


Fig. 2. Schijngestalten van Saturnus: 1. Galilei (1610); 2. Scheiner (1614); 3. Riccioli (1641 of 1643); 4/7. Hevelius (theoretische vormen); 8/9. Riccioli (1648-1650); 10. Divini (1646-1648); 11. Fontana (1636); 12. Biancani (1616); 13. Fontana (1644/45); uit 'Systema Saturnium'.

structuur die Gassendi vermeldt, weten wij nu, moet aan beeldfouten te wijten zijn geweest.

De slechte beeldvorming van de eerste telescopen was voor sommigen vaak aanleiding om de waargenomen verschijnselen naar het rijk der illusies te verwijzen; zeker voorzover de ontdekkingen betrekking hadden op *het* grote strijdpunt van die dagen: het stelsel van Copernicus.

En zelfs Galilei, toen hij in 1612 opnieuw Saturnus waarnam en de twee bobbels niet meer zag, vroeg zich met ernst en overtuiging af: 'Misschien is de tijd nu aangebroken dat de bijna vervlogen hoop bij diegenen kan herleven die op grond van diepere overwegingen zich hebben gerealiseerd dat alle nieuwe waarnemingen onbestaanbare misleidingen zijn'. Met de 'diepere overwegingen' doelde Galilei misschien op de religieuze bezwaren die tegen het wereldbeeld van Copernicus werden aangevoerd. Zelf was hij toch wel overtuigd van de realiteit van zijn vroegere waarnemingen en voorspelde op grond daarvan een terugkeer van de drievoudige vorm van de planeet.

Maar Saturnus was nog niet uitgespeeld met Galilei, want toen deze in 1616 de planeet nogmaals bekeek zag hij een totaal andere en nog vreemdere vorm, die hij ongeveer beschreef als een ovale vorm met donkere vlekken. Het is dit beeld dat in latere beschrijvingen van Saturnus steeds vaker genoemd wordt. Het drievoudige karakter maakt plaats voor de zogenaamde 'handvatten'. Saturnus bleef echter ook enkelvoudig verschijnen, zoals in 1626 en 1642. Of die enkelvoudige verschijningsvorm nu rond dan wel eivormig was, daarover bestond onder de waarnemers geen eensgezindheid. Van alle in 1655 beschikbare waarnemingen die Huygens in zijn 'Systema Saturnium' bespreekt, noemt hij die van Divini (een Italiaanse telescoopbouwer) de meest realistische. Gezien vanuit zijn ringhypothese die hij in dit zelfde boek zal postuleren, ligt zulks uiteraard voor de hand.

Verklaring voor de ring

De eerste waarnemingen van Saturnus door Huygens zelf dateren uit 1655; in dat jaar werd de ring bijna op zijn kant gezien. Hij gebruikte hiervoor zijn zelfgebouwde 12-voets telescoop (vergroting 50 maal), die in prestatie vergelijkbaar was met de telescopen van Hevelius. Maar nog voor hij met zijn nieuwe 23-voets kijker (90 maal) andere verschijningsvormen van Saturnus ging waarnemen, had hij reeds zijn ringhypothese geformuleerd. Het ontdekkingsrecht legde hij vast in het anagram dat de titel van dit verhaal vormt en dat hij op 5 maart 1656

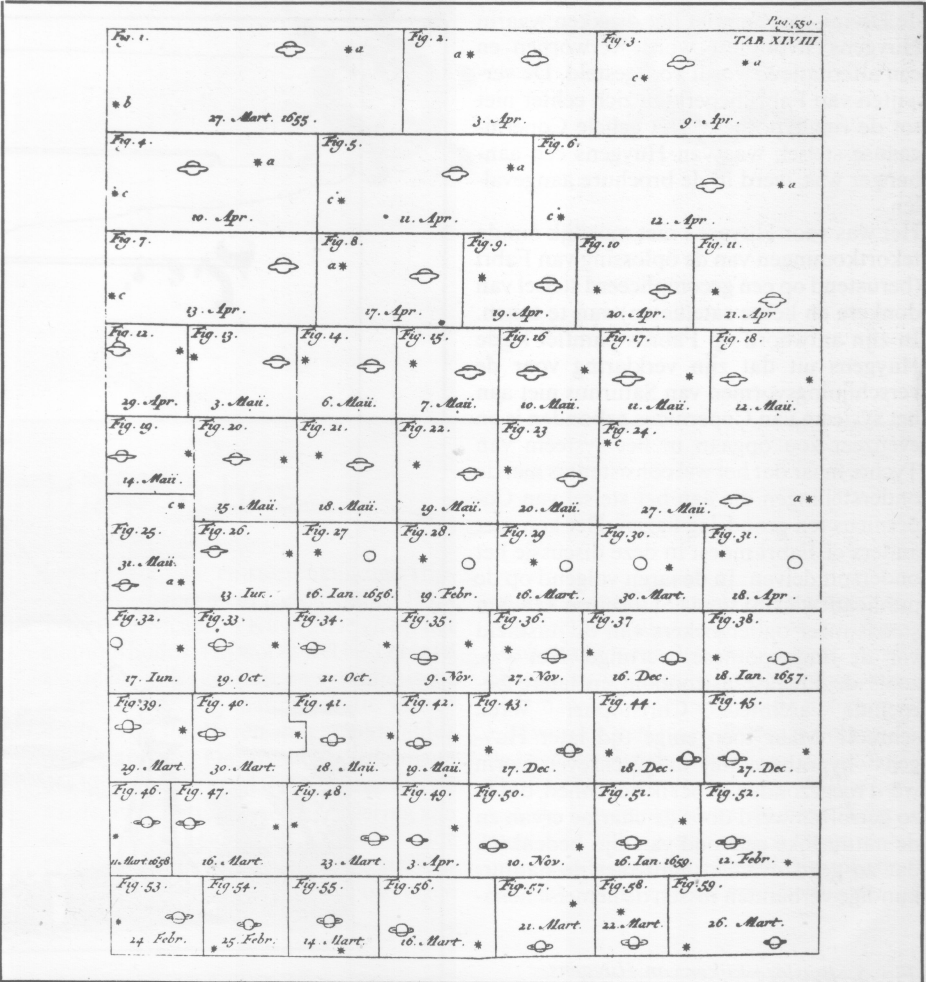


Fig. 3. Waarnemingen van Saturnus door Huygens; uit 'Systema Saturnium'.

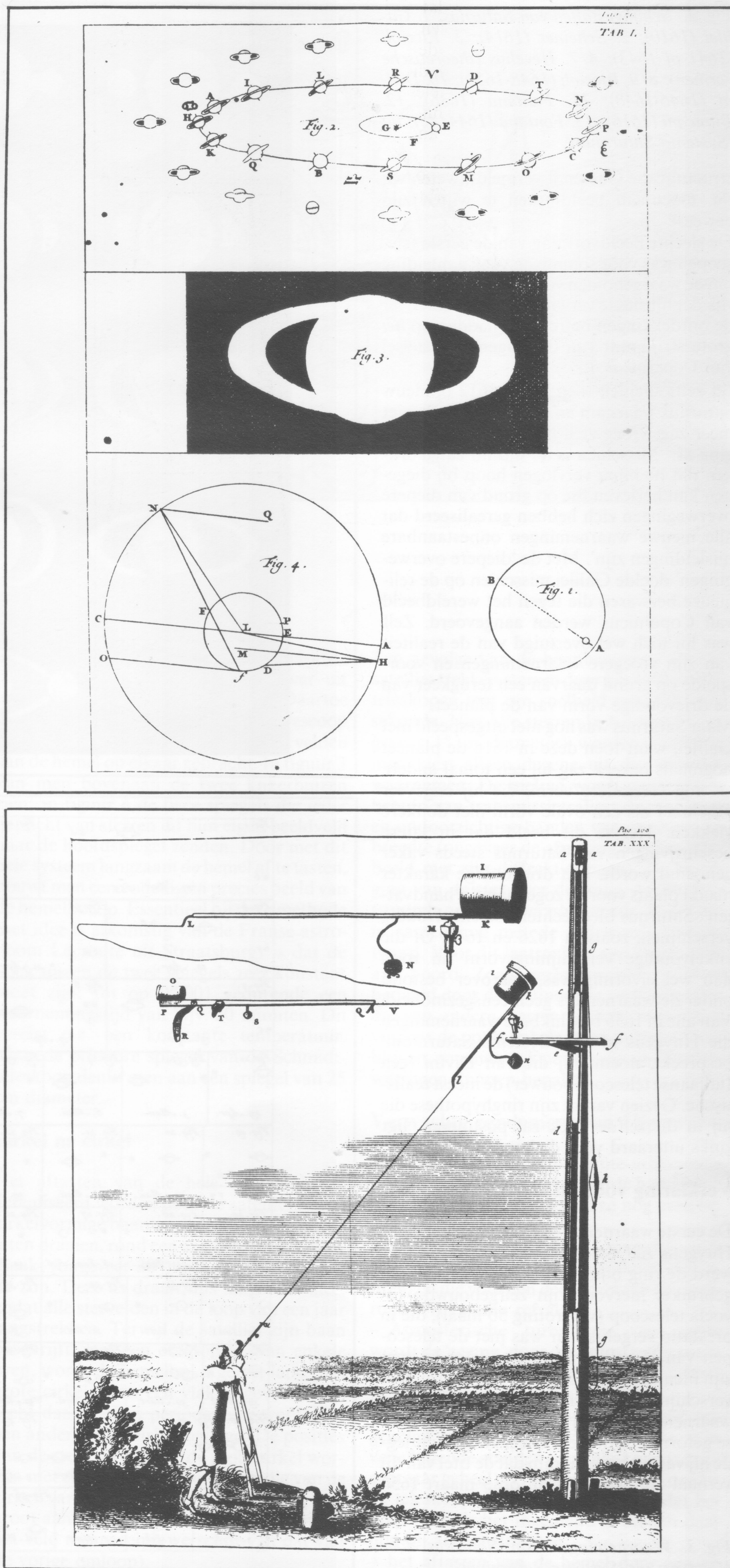


Fig. 4. Verklaring van de schijngestalten van Saturnus door Huygens; uit 'Systema Saturnium'.

publiceerde aan het eind van een kort geschrift, *'De Saturni luna observatio nova'*, waarin hij zijn ontdekking van een satelliet van Saturnus (later Titan genoemd) aankondigde. Het lijdt daarom geen twijfel dat Huygens zijn oplossing niet heeft gevonden aan de hand van een uitgebreide reeks eigen waarnemingen.

In 'Systema Saturnium' geeft hij aan hoe hij wel tot zijn oplossing kwam. Naar analogie van het planetenstelsel veronderstelde hij allereerst dat alle materie die tussen Saturnus en Titan is gelegen moest roteren met een periode kleiner dan 16 dagen: de door Huygens vastgestelde omlooptijd van Titan. Dat de vorm van Saturnus niet verandert binnen die tijd betekende dat de planeet door een rotatiesymmetrisch lichaam omgeven moest zijn. Deze gevolgtrekking werd verder ondersteund door de waarneming dat de beurtelings dikker en dunner wordende aanhangsels steeds dezelfde lengte behouden. De oplossing van het anagram van Huygens wordt dan ook gegeven door: Annulo cingitur tenui, plano, nusquam cohaerente, ad eclipticam inclinato' (zij wordt door een dunne platte ring omgeven die haar nergens raakt en schuin op de ecliptica staat).

De reakties van de tijdgenoten van Huygens waren niet allen even gunstig. De heftigste bezwaren kwamen van de Franse Jezuïet Fabri die, onder de naam (en met diens toestemming) van de reeds eerder genoemde Divini, een pamflet liet drukken waarin Huygens' hypothese wordt verworpen en een alternatieve wordt voorgesteld. De verwijten van Fabri beperkten zich echter niet tot de ringhypothese. Het gehele Copernicaanse stelsel, waarvan Huygens een aanhanger was, werd in de brochure aangevallen.

Het was voor Huygens niet moeilijk om de tekortkomingen van de oplossing van Fabri (berustend op een gecompliceerd stelsel van donkere en lichte satellieten) aan te tonen. In zijn antwoord op Fabri's pamflet legde Huygens uit dat zijn verklaring voor de verschijningsvormen van Saturnus niet aan het systeem van Copernicus gebonden is en evenzeer zou opgaan in het systeem van Tycho, maar dat het wel consistent is met de onderstellingen die aan het stelsel van Copernicus ten grondslag liggen. Het kon niet anders of Fabri moest in deze discussie het onderspit delven. In de jaren volgend op de publicatie van 'Systema Saturnium' raakten steeds meer onderzoekers van de juistheid van de ringhypothese overtuigd. Het was, zoals de Engelse astronoom en latere beroemde architect Christopher Wren schreef: 'Maar toen enige tijd later Huygens' hypothese mij in geschreven vorm werd toegezonden, moet ik bekennen, dat ik zo getroffen werd door de charme ervan en de natuurlijke eenvoud van zijn bedenksel, dat zo goed overeenstemt met de natuurkundige verbanden tussen de hemelse licha-

Fig. 5. Buisloze kijker van Huygens.

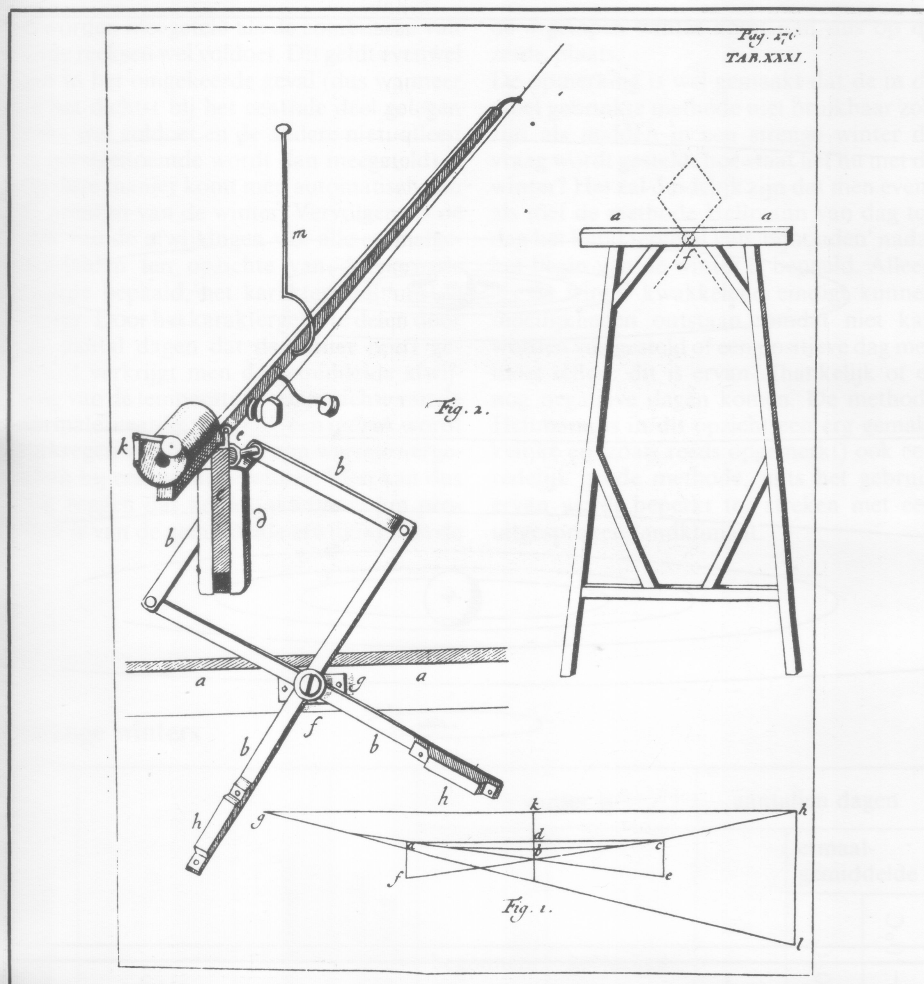


Fig. 6. Statief bij de buisloze kijker.

men, dat ik zijn vondst veruit verkoos boven die van mijzelf . . .'

Een groot astronoom?

Als we de criteria aanvaarden van de negentiende eeuwse Leidse astronoom Friedrich Kaiser, die vooral het regelmatig en nauwkeurig registreren van gegevens centraal stelde, dan is het antwoord duidelijk negatief. En zo heeft Kaiser inderdaad zelf ook over Huygens geoordeeld. Huygens was zeker geen praktisch astronoom zoals zijn tijdgenoot Cassini dat was. De waarnemingen die hij in zijn dagboek vermeldde zijn beslist niet systematisch aangepakt, en vaak stelde Huygens zich tevreden met een ruwe indruk of schets van het waargenomene. Als we de instrumentele inspanningen door Huygens aan de sterrekunde besteed overzien, dan kunnen we vaststellen dat hij waardevolle en originele bijdragen heeft geleverd (waaronder het zogeheten Huygens oculair, een ontwerp voor een micrometer en niet te vergeten de door hemzelf gebouwde telescopen).

Toch moeten we concluderen dat zijn kijkers niet uitzonderlijk waren voor die tijd. Concurrerende telescopen werden gebruikt door Hevelius, die al voor Huygens de satelliet van Saturnus had gezien (maar hem niet als zodanig had geïdentificeerd!). Later waren het vooral de kijkers van de Italiaanse instrumentmaker Campani waarmee Huygens door Cassini in Parijs steeds weer werd verslagen bij het doen van nieuwe ontdekkingen.

De betekenis van Huygens voor de sterrekunde moet in de eerste plaats worden gezocht in zijn wetenschappelijke benadering van de toenmalige problemen. En daarbij moet men bedenken dat wetenschap aanzienlijk meer is dan het verzamelen en registreren van gegevens. Juist in de zeventiende eeuw, waarin de Copernicaanse revolutie in volle gang is, komt het onderscheid tussen kennis (van gegevens) en wetenschap duidelijk naar voren. En het is precies daar, nl. in zijn wetenschappelijke bekwaamheden, dat Christiaan Huygens zich van veel van zijn tijdgenoten onderscheidt. Zijn oplossing van het raadsel van Saturnus is daar een goed voorbeeld van. Maar ook in andere opzichten onderscheidde de 'wetenschapper' Huygens zich. Terwijl zijn collega Bouilleau horoscopen trok, had Huygens zich daarvan gedistantieerd, en terwijl Cassini tot het einde van zijn leven het stelsel van Tycho aanhing, was Huygens reeds vroeg overtuigd van de juistheid van het stelsel van Copernicus. Het is daarom – om de rijkdom van zijn ideeën en zijn kritisch inzicht – dat Christiaan Huygens terecht als groot astronoom mag worden aangemerkt.

Vanuit dit inzicht moeten wij misschien ook Huygens' laatste en meest raadselachtige werk, zijn *'Kosmotheoros'*, trachten te ver-

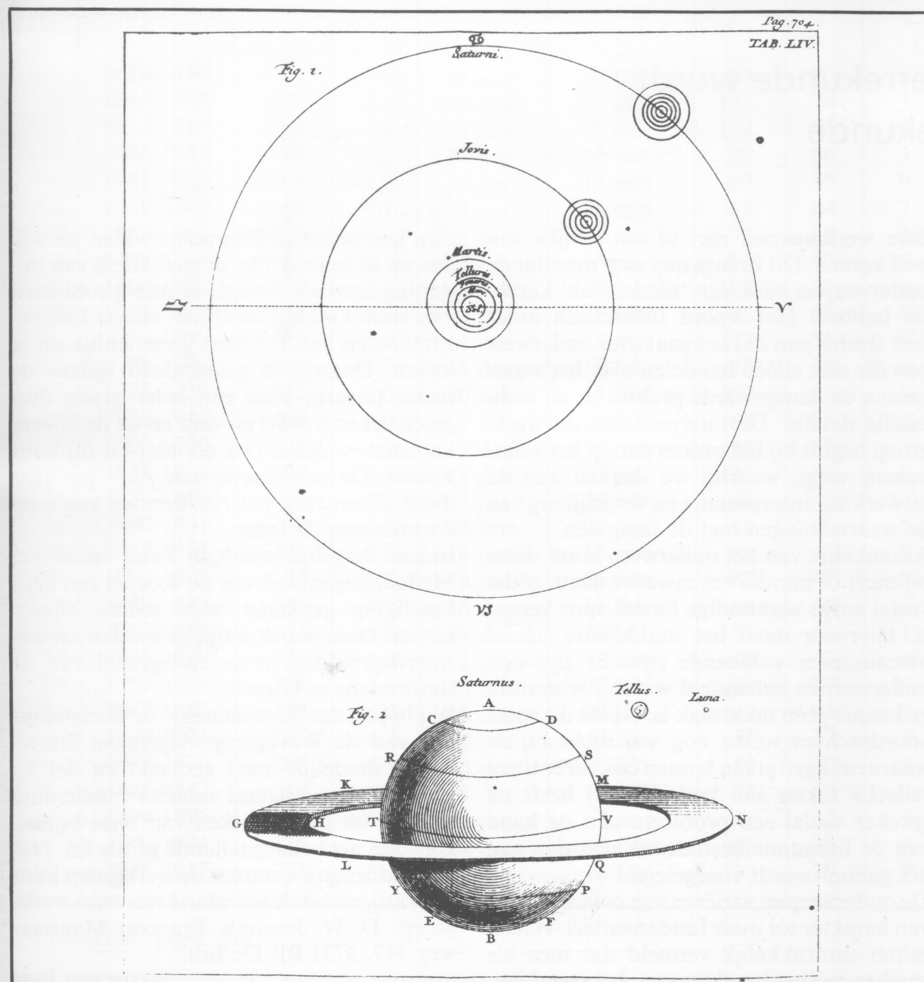
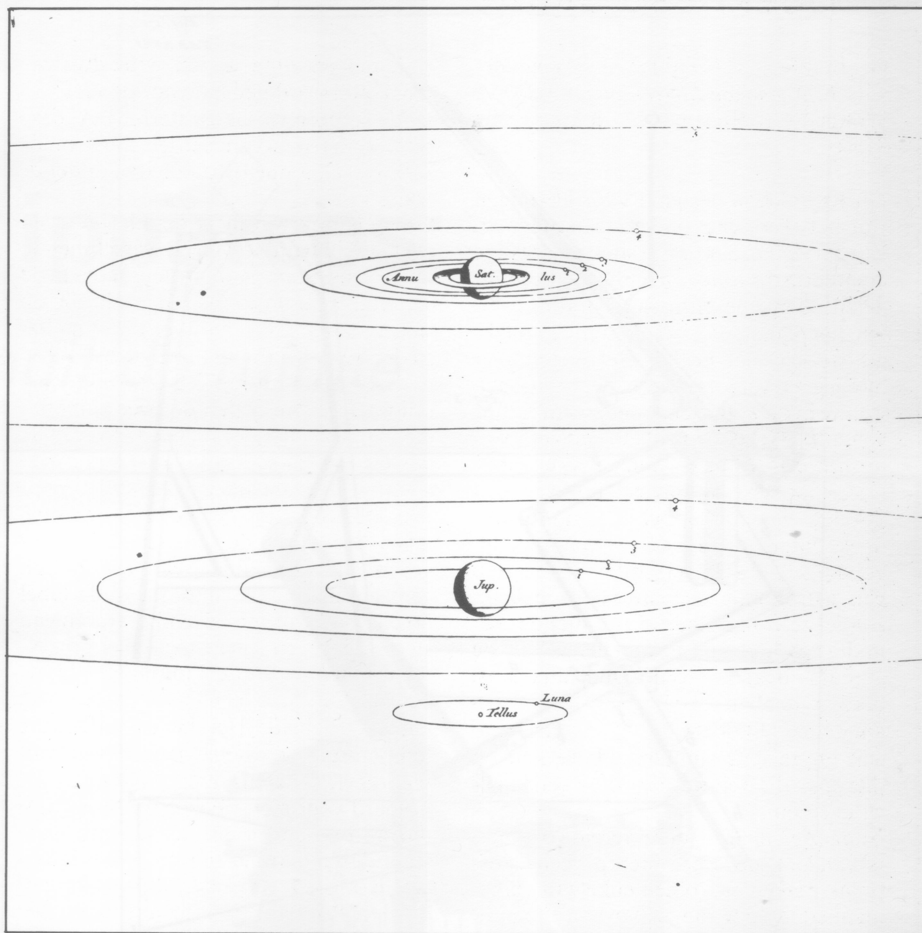


Fig. 7. Copernicaans stelsel en Saturnus met ring; uit 'Kosmotheoros'.

Fig. 8. Saturnus, Jupiter en Aarde, met ring en manen; uit 'Kosmotheoros'. (alle foto's: Museum Boerhaave, te Leiden.)



staan, waarin Huygens zijn mening geeft over het mogelijk voorkomen van leven op andere planeten. Eerst en vooral is hier de relativerende 'wetenschapper' aan het woord: 'wien kan het nu in zijn herssens komen, dat van alle de Klooten, die rondom de Zon draaijen, in dit ons Aardklootje alleen al het cieraad word gevonden, alle dieren, en alle de schepselen, die de dingen des Hemels met verwondering beschouwen?' Er van uitgaande dat de aarde geen speciale positie in de kosmos inneemt en voorts dat alles wat God geschapen heeft volmaakt is, concludeert Huygens dat op andere planeten ook denkende wezens moeten leven en dat: 'Dwaalstarrelingen hebben geen andere Reden, als wy', 'hunne Zinnen zijn niet anders als de onze' en 'zij hebben ook het zelve vermaak, en dezelve wellusten, als wy'. Huygens komt tot deze conclusie omdat hij het opperwezen uitrust met zijn eigen rationalistische benadering van het leven op aarde, die daarnaast nog gevoed wordt door zijn enorme bewondering voor de natuur. Voor Huygens is God niet ondoorgrondelijk. Deze opvatting is op zijn minst onorthodox te noemen en laat zien hoe Huygens ook meer levensbeschouwelijke aangelegenheden vanuit zijn wetenschappelijke wereld benaderde.

Werkgroep theoretische sterrekunde wordt: werkgroep algemene sterrekunde

Door de geringe opkomst op de voorgaande bijeenkomsten van de Werkgroep theoretische sterrekunde van de Koepel (gemiddelde opkomst ca. 6 personen) is bij ons de vraag naar de reden hiervan opgekomen. De mogelijke antwoorden:

A. De doelstellingen van de werkgroep komen niet juist over.

B. De doelstellingen van de werkgroep hebben een dusdanig karakter dat slechts een gering aantal amateurs zich tot onze werkgroep aangetrokken voelt.

C. De naam *theoretische* sterrekunde roept niet bedoelde associaties op en heeft als zodanig een afschrikkend effect.

Dit schrijven is vooral bedoeld om de onder A en C genoemde bezwaren weg te nemen. Daartoe zullen we de doelstellingen van de werkgroep formuleren, waarbij aangetekend dient te worden dat deze sinds de oprichting van de werkgroep in enkele opzichten veranderd zijn (vergelijk bijvoorbeeld Zenit 1976 blz. 249.)

Het doel van de werkgroep is in de eerste plaats dat de leden en óók de niet-leden hun verworven kennis over algemeen sterrekundige onderwerpen kunnen overdragen, door het geven van een voordracht. Wij denken daarbij vooral aan onderwerpen die bij andere werkgroepen niet of nauwelijks aan bod komen. Dit brengt met zich mee dat de onderwerpen vaak een 'theoretisch' karakter hebben. Het woord theoretisch duidt hier slechts aan dat het gaat over onderwerpen die niet alléén handelen over het waarnemen en aanverwante praktische en technische details. De interesse van de werkgroep begint bij het proces dat op het waarnemen volgt, waarbij we denken aan de uitwerking, interpretatie en vergelijking van de waarnemingen met de theorieën.

Afhankelijk van het onderwerp komt daarbij meer of minder rekenwerk kijken, zodat veelal enige wiskundige basiskennis vereist is. Hiervoor moet het middelbare school niveau zeker voldoende zijn. Er zijn ook onderwerpen behandeld waarbij wiskundige kennis géén noodzaak is. Naast dit soort voordrachten welke nog vrij dicht bij de waarnemingen staan komen ook meer theoretische zaken aan bod. Hierbij heeft de spreker veelal een probleem aan de hand van de literatuur bestudeerd, wat dan aan het gehoor wordt voorgelegd.

De onderwerpen variëren van omschrijvend van karakter tot meer fundamenteel. Het zij echter uitdrukkelijk vermeld dat men als spreker *zelf* het karakter van de bijeenkomsten kan bepalen. Daarnaast willen we wijzen op de belangrijke mogelijkheid van onderling contact, waardoor men problemen van sterrekundige aard met elkaar kan bespreken en kan trachten gezamenlijk op te lossen. Daartoe is gelegenheid tijdens de pauze (waarin voor een ieder gratis thee geschonken wordt) en voor en na de bijeenkomsten, welke u ook als niet-lid bij kunt wonen. De contributie van *f*5,– per jaar dient alleen voor het rondzenden van convocaties aan de leden.

Indien mogelijk wordt in Zenit en/of het Mededelingenblad van de Koepel een aankondiging geplaatst vóór iedere bijeenkomst. Deze wordt altijd gehouden op een zaterdagmiddag in de collegezaal van de sterrewacht te Utrecht.

Wij hopen dat bovenstaande de doelstellingen van de Werkgroep Algemene Sterrekunde duidelijk heeft gemaakt en dat zij voor een groter aantal amateurs aanleiding zal zijn tot het bezoeken van onze bijeenkomsten als belangstellende of als lid. Nadere informatie omtrent de werkgroep kunt u verkrijgen bij de secretaris van onze werkgroep: D. W. Jannink, Francois Maurica-weg 117, 3731 BB De Bilt.

Pierre van Baal

Boekbespreking

G. Bodifée, T. Dethier, E. Wojciulewitsch, *Algemene Sterrenkunde*, Uitgave Wolters, Groningen 1977, 406 pp, prijs 815 F.

Dit leerboek is bestemd voor leerlingen van het secondair onderwijs, studenten van het eerste jaar universiteit en ernstige amateurastronomen. Het bestaat uit vijf delen: hemelbeschrijving, stralingswetten, het planetenstelsel, sterren- en melkwegstelsels, het heelal. Het is een zeer mooi, goed verzorgd werk, dat beslist een leemte in de wetenschappelijke literatuur aanvult. We hebben stilaan een voldoende hoeveelheid mooie plaatwerken, al of niet voorzien van naïeve teksten; een degelijk wetenschappelijk verantwoord boek dat in onze taal op een redelijk volledige wijze de verschillende facetten van astronomie en astrofysica belicht, zonder tè volumineus te zijn diende zeer nodig geschreven. Bijzonder is wel dat de auteurs, daar waar het mogelijk was, beroep hebben gedaan op foto's van amateurs. Dit doet uitermate verfrissend aan en zal erg stimulerend werken op diegenen die ooit wel eens door een kijker willen zien.
Aangezien niets op deze wereld volmaakt is kan ook dit werk hierop geen aanspraak maken en komen enkele onvolkomenheden voor die echter van die aard zijn dat ze aan de globale zeer goede indruk geen afbreuk doen. Men voelt sterk aan dat de uitgever druk heeft uitgeoefend om de inhoud beperkt te houden met alle nadelen die hieraan verbonden zijn. Een aantal punten komt hierdoor namelijk niet voldoende aan bod. Zo wordt o.a. wel het begrip sterretijd verklaard, maar wordt geen tabelletje gegeven waarin voor een aantal kenmerkende data de sterretijd wordt opgegeven, en wordt ook niet aangeduid hoe de sterretijd kan worden afgeleid en het belang ervan voor de waarnemingen.
In het hoofdstuk over het Hertzsprung-Russelldiagram mist men een figuur met een schematisch overzicht: hoofdreeks, rode reuzen, superreuzen, witte dwergen (zoals wél werd gedaan voor de verschillende soorten variabele sterren). Al deze opmerkingen horen eerder thuis in de rubriek schoonheidsfouten dan onder de echte kritiek.
Graag had ik wat meer details gekregen over de duurtijden van de verschillende nucleaire fasen, de ui-structuur vóór de supernova-explosie, de lange tijd die de sterren aan de waterstofverbranding besteden en het verband tussen deze fase en de hoofdreeks in het Hertzsprung-Russelldiagram (meer dan de twee zinnetjes die aan dit laatste werden gewijd). Bij de bespreking van sterassociaties zou ik een tekening niet misplaatst gevonden hebben, bv. voor de zeta Persei associatie, met vectoren die de vluchtsnelheid aangeven en verlenging ervan tot in hun gemeenschappelijk snijpunt. In de tabel op pag. 112 worden de temperaturen van sterren gegeven (hier mocht wel bij „effectieve temperatuur") tot op 50° nauwkeurig. Dit geeft een valse indruk van nauwkeurigheid. Het begrip effectieve temperatuur wordt wel aangegeven voor planeetatmosferen, maar wordt niet ingevoerd voor steratmosferen. Ik herhaal dat de punten die ik hier aanstip niets veranderen aan het feit dat het hier om een echt goed werk gaat. Bij vertaling of bij herdruk kan hiermee misschien wel rekening gehouden worden.
Ionen worden aangeduid met n+, niet met Romeinse cijfers; de spectrale lijnen die ermee verbonden zijn echter wel. Men kan dus wel spreken van de FeXIV lijn; als het over het ion gaat is het Fe^{13+}. Dit wordt wel eens door elkaar gehaald (p. 88).
Het Strömgren systeem wordt aangeduid met uvby, niet door de letters in een andere volgorde; de kleuren zijn ultraviolet (3500Å), violet (4100Å), blauw (4700Å), visueel (5500Å). Het is in dit verband ook wel nuttig om de bandbreedte aan te geven en hierdoor duidelijk te maken waarom het UBV stelsel (zonder streepjes) een breedbandstelsel is en het uvby-stelsel een smalbandsysteem.
Uitstekend behandeld is het hoofdstuk over het planetenstelsel, met een mooi historisch overzicht, een heldere en toch bondige uiteenzetting over het ontstaan van het zonnestelsel met de klemtoon net daar waar hij moet liggen, namelijk op het behoud van impulsmoment, een kritisch onderzoek van de verschillende theorieën, een gedetailleerde bespreking van de verschillende planeten, waarin de meest recente waarnemingen via het ruimte-onderzoek verwerkt zijn, d.i. tot en met Mariner 9-foto's van Mars bv. en Jupiterfoto's via Pioneer 11. Zeer goed uitgewerkt is ook het hoofdstuk over het heelal, in het bijzonder het deel over kosmologie. Het is niet eenvoudig de verschillende heelalmodellen (Friedmann, Lemaître, Bondi, Gold en Hoyle) op een bevattelijke manier te verklaren. De schrijvers zijn hierin op een voortreffelijke manier geslaagd. Ze zijn er niet voor teruggedeinsd zelfs het begrip vertragingsparameter in te voeren, een erg belangrijke parameter. Voor de lezers van het boek zal het ongetwijfeld erg interessant zijn te horen, dat men enkele jaren terug deze parameter vrij precies heeft kunnen bepalen uit de diameter van melkwegen (zie het artikel van Hickson in *Astrophysical Journal* van november 1977). Tenslotte een woord van lof over het deel betreffende sterevolutie waarin de schrijvers ook erg recente berekeningen en ontdekkingen over begin- en eindfasen van sterren verwerkt hebben.
Als geheel is dit een erg goed boek, dat beslist in geen enkele bibliotheek mag ontbreken. Voor het secondair onderwijs is het een ietsje te moeilijk, maar dit is absoluut niet hinderlijk; het zal de leerlingen prikkelen om verder opzoekingswerk te verrichten. Op universitair niveau kan het als achtergrondinformatie beslist een belangrijke rol vervullen. Voor gevorderde amateurs is het een heerlijk naslagwerk.

C. de Loore

In augustus organiseert de Werkgroep Algemene Sterrekunde een landelijke problemenmiddag.
Wij nodigen daarbij iedereen uit om een astronomisch probleem dat betreffende persoon al enige tijd heeft beziggehouden voor te leggen in een toespraak van ca. 15 minuten.
Gezamenlijk zal getracht worden een aanzet te geven tot de oplossing van het probleem, maar het is vooral de bedoeling dat de spreker contact zal leggen met een geïnteresseerde toehoorder, die hem misschien verder kan helpen met het probleem. Kom dus óók als u geen probleem hebt voor te leggen. Er zal ruime gelegenheid zijn voor onderlinge discussie.

Spanje proefgebied voor regenmakers

In het kader van het projekt PEP (Precipitation Enhancement Project), dat de stimulering van de regenval beoogt in droge gebieden, heeft de Meteorologische Wereldorganisatie (WMO) in Spanje een proefgebied uitgekozen. Onderzoekers zullen proberen in Castilië vijf jaar lang de regenval te vergroten. Daarvoor heeft de WMO in januari van dit jaar een overeenkomst getekend met de Spaanse regering; het proefgebied omvat een 20 000 km² grote hoogvlakte bij Valladolid.
Experimenten op het terrein van het regenmaken zijn voornamelijk uitgevoerd in de Verenigde Staten, Mexico, de Sovjet-Unie, Israël en Australië. De WMO wil onderzoeken of er ook mogelijkheden bestaan voor de derde-wereldstaten die met droogteproblemen hebben te kampen. Spanje behoort hier niet toe, maar werd toch gekozen uit 46 landen wegens de meteorologische en geografische eigenschappen van het proefgebied. Een groep deskundigen uit westerse landen en uit de Sovjet-Unie gaat nu eerst het proefgebied, dat ten noordwesten van Madrid ligt, bestuderen en het ongestoorde weerpatroon vastleggen. Daarna gaat men met verschillende methoden proberen wolken aan het regenen te krijgen. De resultaten en de neveneffekten zullen met vliegtuigen, radar en satellieten worden gevolgd.

BZ/Reuter persbericht

J. P. M. WOUDENBERG

De koude en 'lastige' winter van 1978/79

De winter van 1978/79 zal velen nog lang heugen. Na een zevental winters die als zacht bestempeld konden worden, heeft Koning Thialf dan toch toegeslagen, en ons een winter met veel ongemakken bezorgd. Van 1 tot 11 december werd het weer in ons land beheerst door een langgerekt gebied van hoge druk van de Azoren naar Scandinavië. In dit tijdvak stond er een meest oostelijke wind, die koude lucht aanvoerde; de temperaturen schommelden tussen 0 en − 7 °C. Op 4 december drong evenwel in de hogere niveaus warme en vochtige lucht binnen. Uit de meegevoerde bewolking viel voornamelijk in de zuidelijk helft van het land regen. Bij temperaturen aan het aardoppervlak van beneden het vriespunt had dit ijzelvorming ten gevolge.
Op 8 december werd ook de koude lucht aan het aardoppervlak verdreven, en liepen de temperaturen overdag op tot ca. 10 °C. Van 12 tot 15 december was het vrij zacht en somber bij een zuidwesten wind, aan de flank van een gebied van lage druk bij Ierland. Nadien trok dit gebied naar het oosten en kwam het weer in ons land onder invloed van een gebied van hoge druk nabij IJsland. Met een oostelijke stroming werd koudere, doch aanvankelijk vrij vochtige lucht aangevoerd. Het bleef tot 23 december vriezen, doch het was somber weer met van 16 tot 18 december op veel plaatsen mist. Op 24 december trok het gebied van hoge druk naar het oosten en werd de weg vrijgemaakt voor depressies, waarvan de fronten tot de 29e veel regen brachten. De temperatuur steeg overdag in het noorden van het land tot ca. 2 °C, in het Zuiden tot ca. 9 °C. De vorstgrens bleef evenwel juist ten noorden van ons land. Op 30 december trok deze grens zuidwaarts. Een krachtige oostelijke wind voerde koude lucht binnen. Op 31 december en op 2 en 3 januari viel veel sneeuw. De temperaturen daalden tot zeer lage waarden, vooral in het noorden van het land. Na 5 januari verplaatste het gebied van hoge druk zich naar Midden-Europa. De wind werd zuidelijk, doch voerde aanvankelijk nog koude lucht naar ons land.
Op 7 januari drong warmere lucht door in de hogere niveaus. Het binnendringen hiervan ging met regen gepaard. Dit leidde vooral in de zuidelijk helft van het land tot ijzelvorming. Van 9 tot 13 januari trokken fronten met regen over ons land bij temperaturen van rond het vriespunt. Het verkeer ondervond daardoor veel last van gladheid.

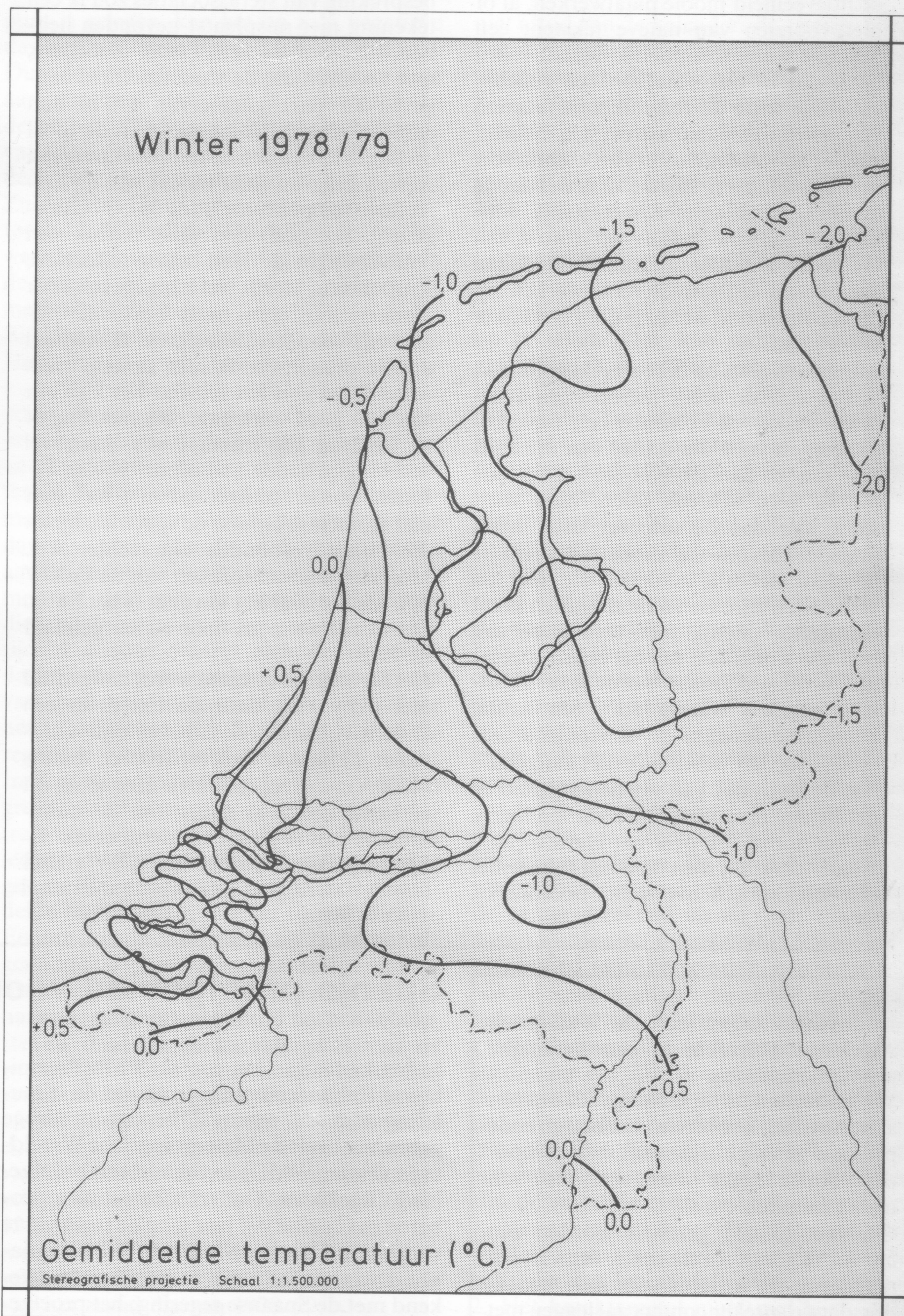


Fig. 1. Winter 1978-79: gemiddelde temperatuur in °C.

Op de 14e kwam het weer onder invloed van een zich ontwikkelend gebied van hoge druk boven Scandinavië, en werd weer koude lucht aangevoerd, waarin het 's nachts streng vroor. Op 20 januari drong wederom warme lucht in hogere luchtlagen binnen, zodat het op de 20e t/m 23e bij oostelijke wind regenachtig was met ijzel in vrijwel het

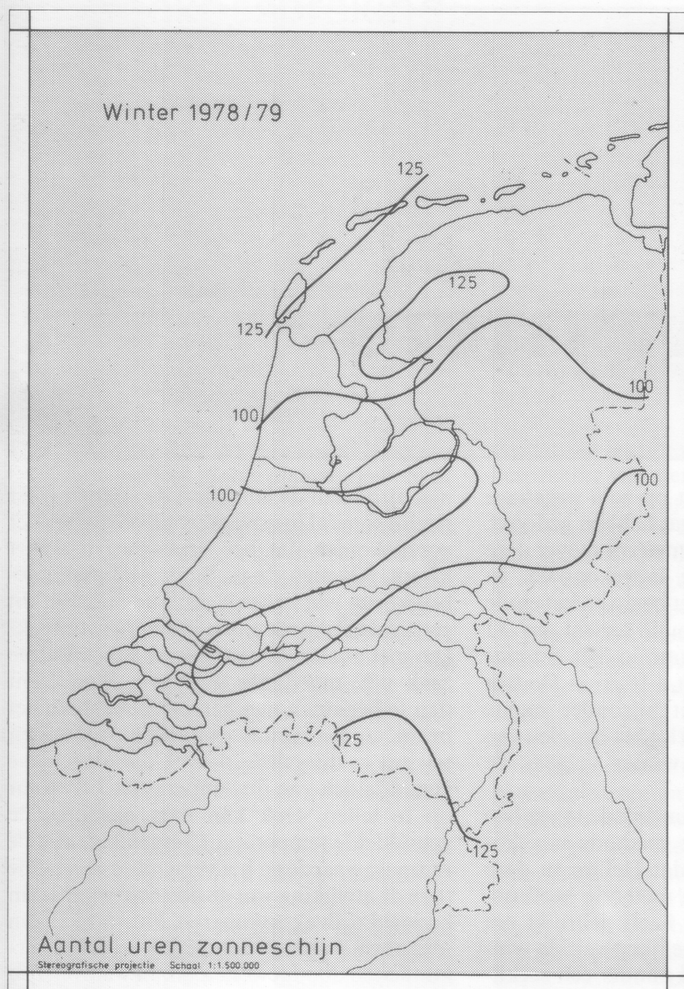


Fig. 2. Winter 1978-79: aantal uren zonneschijn.

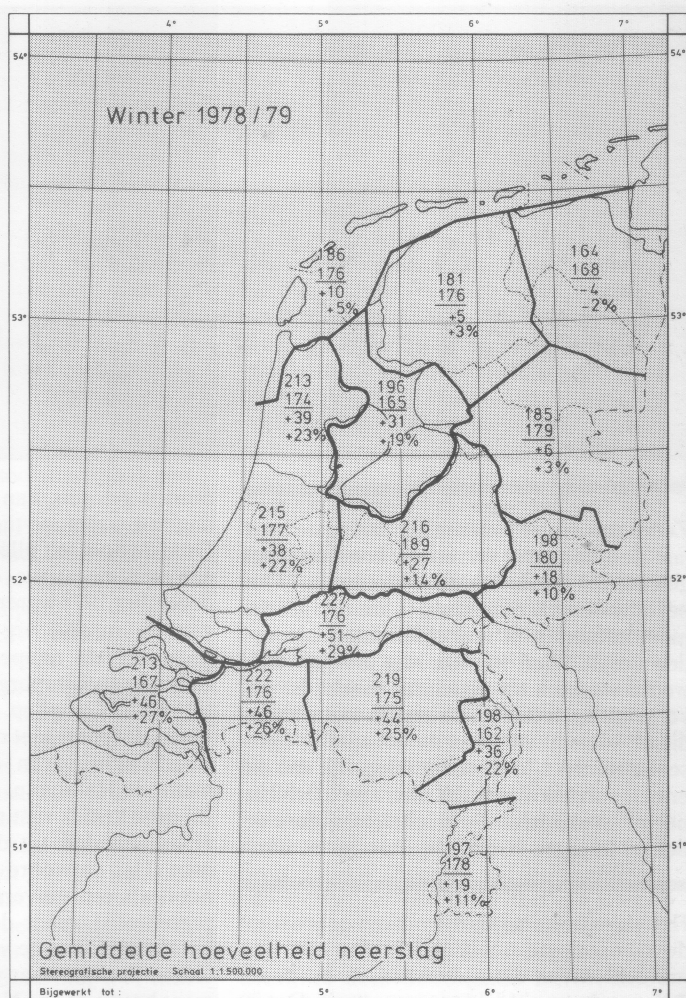


Fig. 3. Winter 1978-79: gemiddelde hoeveelheid neerslag per vak in millimeters; daaronder de normale hoeveelheid en de afwijking van de normaal (in millimeters en procenten).

gehele land. Het gebied van hoge druk boven Scandinavië verplaatste zich op 23 januari oostwaarts en er vormde zich rondom de Noordzee een complex gebied van lage druk. De wind werd zuidelijk, doch het bleef vriezen, plaatselijk zelfs streng.
Tot eind januari viel af en toe sneeuw. De laatste dag van januari werd de koude lucht verdreven door zuidelijke winden aan de oostflank van een gebied van hoge druk van Groenland tot de Middellandse Zee. Aan de grond kwam de temperatuur echter nauwelijks boven het vriespunt; 's nachts vroor het licht. Zowel op 7 als op 12 februari trok een front met regen over, hetgeen wederom in grote delen van het land ijzel ten gevolge had. Op 12 en 13 februari bereikten in het zuiden van het land de temperatuur waarden van meer dan 10 °C. Achter een depressie, die op 13 februari van west naar oost over ons land trok, stroomde zeer koude lucht binnen, hetgeen vooral in het noorden van het land met zware sneeuwval gepaard ging. Door de stormachtige wind werd voornamelijk in de noordelijke provincies veel driftsneeuw aangevoerd die uit Duitsland afkomstig was. Dit leidde tot ernstige overlast voor het verkeer. Verschillende dorpen werden van de buitenwereld afgesneden. Ook bezweken opstanden, vooral kassen, onder de zware sneeuwlast.
In de week van 14 tot 21 februari vroor het overwegend licht tot matig bij een geleidelijk afnemende wind. Tijdens de laatste dagen kwam ook mist voor. Na de 22e verplaatste een gebied van hoge druk boven Scandinavië, dat tot dan het weer had beheerst, zich naar het zuidoosten. De wind kromp de navolgende dagen naar het zuidwesten, zodat het minder koud werd. Het bleef echter vrij somber.
Op de laatste dag van februari kwam er een einde aan de lange en hinderlijke winter.

Belangrijk te koud

In figuur 1 wordt een beeld gegeven van het verloop van de gemiddelde temperaturen over ons land.
Gemiddeld over de drie wintermaanden was het uiterste noordoosten van het land met een gemiddelde temperatuur van minder dan − 2,0 °C het koudst. In de kustgebieden van Zuid-Holland en Zeeland was de gemiddelde temperatuur het hoogst; deze lag even boven + 0,5°C.
December was de warmste van de drie maanden, met een gemiddelde temperatuur (berekend uit de waarden van vijf hoofdstations) van 2,0 °C tegen 3,3 °C normaal. De koudste maand was januari met gemiddeld − 2,8 tegen + 1,9 °C normaal. Het koudste tijdvak was de eerste week van januari; de laagst gemeten temperatuur was −24,4 °C te Emmeloord.

Te weinig zonneschijn

Figuur 2 laat zien hoe de verdeling van het aantal uren zonneschijn in de winter was. Het blijkt dan dat het aantal uren met zon erg gering was. Het was dan ook een sombere winter, ondanks het zeer koude karakter. Globaal werd maar 65 tot 75% van het normale aantal uren zonneschijn gehaald. Alle drie de maanden hebben tot dit tekort bijgedragen. Het minst somber was het in het noordwesten van het land en in zuidoost Brabant en in Zuid-Limburg.

Een overmaat aan neerslag

Figuur 3 geeft een beeld van de hoeveelheden neerslag in ieder van de 15 vakken, waarin ons land is verdeeld.
Gemiddeld over het land was de hoeveelheid neerslag in de drie wintermaanden boven normaal. Het overschot was in de zuidelijke helft van het land het grootst. Daarentegen weken in de noordelijke provincies de hoeveelheden weinig van de normale af. Dit laatste is opmerkelijk, daar juist deze provincies het meest van overlast aan sneeuw te lijden hadden. Nu is in het algemeen de betrouwbaarheid van de metingen bij sneeuwval minder groot dan bij regen, vooral als sneeuwval gepaard gaat met harde wind. Daar komt bij dat grote hoeveelheden sneeuw door de wind verplaatst zijn, zodat op bepaalde plaatsen meer sneeuw terecht is gekomen, dan uit metingen zou blijken.

H. TEN KATE

Over strenge winters

Zodra een winter zich van zijn strengste kant laat zien, komen er vragen los: hoe lang is het geleden dat de winter ook zo streng was? Om het antwoord op deze vraag te kunnen geven, moet natuurlijk in veel cijfermateriaal worden gespit. Men wil ook niet met het antwoord wachten tot de winter voorbij is, om vergelijkingen te kunnen maken met winters die er soms al ver vóór de befaamde 'mensenheugenis' zijn geweest. Mogelijk dat dit er een oorzaak van is dat men zijn toevlucht neemt tot middelen die niet helemaal door de beugel kunnen.

Het classificeren van tijdvakken gebeurt in de klimatologie nooit anders dan met gemiddelden van die tijdvakken, in dit geval dus met de gemiddelde temperatuur. Dat is het fundament bij iedere vergelijking van winters of van zomers of van decaden of maanden. Bij het vergelijken kunnen het aantal zomerse dagen, negatieve dagen*, ijsdagen enz. een waardevolle aanvulling vormen om het algemene beeld te verduidelijken. Gesteld dat juli een record aantal tropische dagen heeft opgeleverd, dan hoeft deze maand niet de allerwarmste juli van een lang tijdvak te zijn; dat kan pas gezegd worden als de gemiddelde temperatuur van de maand hoger is dan die van iedere andere maand juli van dat tijdvak.
Het is daarom niet erg begrijpelijk dat men bij het classificeren van winters in weerpraatjes in de pers en via radio en tv steeds opnieuw met het *getal van Hellmann* komt aanzetten, dat wordt bepaald door de gemiddelden van de temperatuur van de negatieve dagen bij elkaar op te tellen. Toegegeven zij dat het een makkelijk middel is om het beeld van de winter in één getal uit te drukken. Men mag dan evenwel niet van karaktergetal spreken maar van *koudegetal,* immers de eventuele dooi wordt bij het berekenen ervan op een afstand gehouden alsof deze niet mede de strengheid van een winter bepaalt. Maar de dooi wordt toch niet helemaal weggelaten, want als de gemiddelde temperatuur van een dag onder het vriespunt is gelegen, kan het op zo'n negatieve dag nog wel enige tijd wat hebben gedooid. Dus: de dooi telt alleen mee voorzover deze aan een negatieve dag is gekoppeld. In december 1978 waren het begin en het einde van de maand erg koud, terwijl op 11 december de temperatuur in het uiterste Zuiden van Limburg tot +16 en in De Bilt tot +12 °C opliep. Dit bijzonder zachte weer telt echter niet mee bij het bepalen van de strengheid van de winter volgens de methode Hellmann.
Bij deze kritiek rijst natuurlijk de vraag hoe Hellmann dan tot deze methode is gekomen. Het antwoord is dat Hellmann deze nooit als een universele methode heeft gepresenteerd, maar deze heeft gebruikt om karaktergetallen te vergelijken van de winters in Berlijn, waar veel minder een zeeklimaat heerst dan in Nederland. De negatieve dagen vormen daar dan ook veel meer een aaneengesloten reeks dan in Nederland; men zal daar met de methode Hellmann dichtbij de gemiddelde temperatuur van het tijdvak komen waarin zich de negatieve dagen hebben voorgedaan als men de som van de dagelijkse gemiddelden deelt door het aantal dagen. Dat ligt in Nederland als regel wel even anders!
Indien men analoge tijdvakken van een groot aantal jaren wat de temperatuur betreft onderling wil vergelijken, dient men ieder tijdvak allereerst een karaktergetal te geven. Als zodanig kan het beste de gemiddelde temperatuur van dat tijdvak dienen. En om tot de winters terug te keren: de gemiddelde temperatuur van de drie wintermaanden december, januari en februari is naar onze mening nog altijd het eenvoudigste en duidelijkste karaktergetal van de winter. Als deze temperatuur onder het vriespunt ligt, kan men van een zeer strenge of zeer koude winter spreken. Tot dusver in deze eeuw zijn er zes winters geweest waarvan de gemiddelde temperatuur onder het vriespunt lag (1962/63, 1946/47, 1939/40, 1941/42, 1928/29 en 1978/79), zoals uit metingen te De Bilt is afgeleid. De koudste winter was die van 1962/63, de minst koude van het zestal die van 1978/79.

Begin en einde van winters

Toch is deze wijze van classificeren van winters niet in ieder opzicht bevredigend. Maar zou er wel een ideale classificatie bestaan? De winter houdt zich nu eenmaal niet altijd aan de kalender; de strenge vorst begint soms al in november en ook is het wel voorgekomen dat het einde pas in maart kwam. Als men de methode Hellmann gebruikt om winters te classificeren levert dit geen moeilijkheden, maar als men tijdvakken met winterweer wil vergelijken komt de zaak veel moeilijker te liggen. Men dient dan te beginnen met het vaststellen van het begin en het einde van iedere winter en telkens in dit gehele tijdvak *alle* dagelijkse gemiddelden van de temperatuur bij elkaar op te tellen. Ook kan men dagelijks de gemiddelde temperatuur vergelijken met de normale waarde en het verschil tussen beide (dus de afwijking van de normale waarde) in bedoeld tijdvak sommeren. Het vergelijken met normale omstandigheden is in de weerkunde een doodgewone zaak en waarom zou niet in het karaktergetal tot uitdrukking kunnen worden gebracht hoeveel warmte we in een strenge winter te kort zijn gekomen? Dit kan tevens het voordeel hebben dat een strenge winter die vroeg komt of die laat is, iets zwaarder meetelt in de classificatie dan een winter waarvan het leeuwendeel in januari valt.
In bijgaande tabel zijn het begin en het einde van de winter bepaald door van het centrale deel van de winter uit de gaan, d.w.z. de ononderbroken reeks negatieve dagen die de grootste bijdrage aan het karaktergetal levert. De positieve dagen ter weerszijden van deze reeks worden ook tot de winter gerekend als zij door negatieve dagen worden voorafgegaan (aan het begin) of gevolgd (aan het einde); uiteraard telt ook de reeks negatieve dagen die door positieve dagen van het centrale deel wordt gescheiden mee. Op de eerste en op de laatste dag van het tijdvak met winterweer moet de gemiddelde temperatuur onder het vriespunt liggen. Maar niet iedere aldus verkregen reeks positieve en negatieve dagen kan aan de winter worden toegevoegd; daarvoor zijn de volgende eisen gesteld:
1. Het aantal negatieve dagen van een dergelijke toegevoegde reeks moet minstens de helft zijn van het aantal positieve dagen;
2. Het karaktergetal moet met gemiddeld tenminste 2,0 °C per dag afnemen als zo'n reeks wordt toegevoegd.
Volgt op zo'n reeks (van het centrale deel uit gezien) nog een reeks positieve en negatieve dagen en voldoet de het dichtst bij het centrale deel gelegen reeks niet aan de gestelde voorwaarden, dan dient deze toch

* In dit artikel wordt onder 'positieve dag' een dag verstaan met een gemiddelde temperatuur ≧0 °C, onder 'negatieve dag' een dag met een etmaalgemiddelde <0 °C.

te worden meegeteld als de combinatie van beide reeksen wel voldoet. Dit geldt evenwel niet in het omgekeerde geval (dus wanneer de het dichtst bij het centrale deel gelegen reeks wel voldoet en de andere niet; alleen de eerstgenoemde wordt dan meegeteld).
Op deze manier komt men automatisch aan de grenzen van de winter. Vervolgens is de som van de afwijkingen van alle etmaalgemiddelden ten opzichte van de normale waarde bepaald, het karaktergetal van de winter. Door het karaktergetal te delen door het aantal dagen dat de winter heeft geduurd verkrijgt men de gemiddelde afwijking van de temperatuur ten opzichte van de normale waarde, waarmee een indruk wordt verkregen van het tekort aan warmte vergeleken bij een normale winter. Men kan dus ook zeggen dat het karaktergetal het product is van de gemiddelde afwijking van de afgelopen winter komt dan dus op de zesde plaats.
De opmerking is wel gemaakt dat de in de tabel gebruikte methode niet bruikbaar zou zijn als midden in een strenge winter de vraag wordt gesteld: hoe staat het nu met de winter? Het zal duidelijk zijn dat men evenals met de methode Hellmann van dag tot dag het karaktergetal kan 'bijhouden' nadat het begin van de winter is bepaald. Alleen als de winter kwakkelend eindigt kunnen moeilijkheden ontstaan, omdat niet kan worden vastgesteld of een positieve dag mee moet tellen: dit is ervan afhankelijk of er nog negatieve dagen komen. De methode Hellmann is in dit opzicht een erg gemakkelijke en (zoals reeds opgemerkt) ook een redelijk goede methode, mits het gebruik ervan wordt beperkt tot streken met een uitgesproken landklimaat.

temperatuur en de duur van de winter; alleen deze beide grootheden bepalen dus het karaktergetal.
In de tabel, die na het voorgaande nauwelijks nog een verduidelijking nodig zal hebben, komt de winter van 1978/79 dus op de zevende plaats als men de winters tot dusver in deze eeuw rangschikt naar hun karaktergetal, eenzelfde resultaat als bij het gebruiken van de methode Hellmann. Als men evenwel de gemiddelde temperatuur van 1 december tot en met eind februari beschouwt, wordt de afgelopen winter niet voorbijgestreefd door die van 1955/56, die zeer kort was, waardoor het vele zachte weer van december 1955 en januari 1956 een grote invloed krijgt. De ongekend felle koude van februari 1956 is er oorzaak van deze korte winter toch nog flink meetelt, vooral als het zachte weer maar wordt 'vergeten';

Strenge winters

rangnummer	winter	karaktergetal	gemiddelde afwijking	de winter is begonnen op	de winter is geëindigd op	aantallen dagen: duur	aantallen dagen: etmaalgemiddelde <0°C	aantallen dagen: etmaalgemiddelde <−10°C	koudste dag: datum	koudste dag: etmaalgemiddelde	laagste temperatuur
		°C	°C							°C	°C
1	1829-1830	−534	−5,5	17 nov	21 feb	97	77	12	3 feb	−14,7	–
2	1844-1845	−533	−4,8	30 nov	21 mrt	112	74	3	13 mrt	−12,1	–
3	1813-1814	−504	−4,4	26 nov	19 mrt	114	78	4	14 jan	−13,1	–
4	1946-1947	−489	−5,3	14 dec	15 mrt	92	66	3	21 dec	−11,0	−15,3
5	1941-1942	−465	−6,9	6 jan	13 mrt	67	55	9	26/27 jan	−14,4	−24,8
6	1739-1740	−460	−7,1	4 jan	8 mrt	65	64	7	11 jan	−18,0	–
7	1962-1963	−456	−6,3	22 dec	3 mrt	72	66	3	10/17 jan	−11,2	−18,2
8	1788-1789	−454	−9,1	25 nov	13 jan	50	47	15	4 jan	−15,8	–
9	1804-1805	−450	−4,1	4 nov	20 feb	109	71	1	1 jan	−12,0	–
10	1783-1784	−431	−5,7	9 dec	21 feb	75	61	7	31 dec	−13,3	–
11	1794-1795	−418	−5,4	16 dec	2 mrt	77	56	9	23 jan	−16,6	–
12	1798-1799	−418	−5,7	8 dec	18 feb	73	56	6	26 dec	−19,2	–
13	1728-1729	−412	−4,0	30 nov	11 mrt	102	65	5	11 jan	−15,2	–
14	1939-1940	−408	−6,0	15 dec	20 feb	68	57	3	22 jan	−11,9	−16,7
15	1799-1800	−404	−4,3	12 dec	14 mrt	93	63	1	30 dec	−16,4	–
16	1822-1823	−402	−8,4	11 dec	27 jan	48	46	8	23 jan	−19,4	–
17	1837-1838	−400	−8,3	7 jan	23 feb	48	45	14	19 jan	−18,3	–
18	1890-1891	−399	−6,9	26 nov	22 jan	58	50	2	30 dec	−13,9	−16,5
19	1854-1855	−388	−6,6	16 jan	15 mrt	59	46	7	17 feb	−13,8	−19,1
20	1802-1803	−384	−5,7	9 jan	16 mrt	67	47	8	26 jan	−15,0	–
21	1840-1841	−334	−4,9	6 dec	11 feb	68	46	3	7 feb	−10,4	–
22	1762-1763	−331	−6,5	9 dec	28 jan	51	43	1	11 jan	−10,2	–
23	1928-1929	−323	−5,4	2 jan	2 mrt	60	47	6	14 feb	−13,9	−18,9
24	1955-1956	−278	−9,9	30 jan	26 feb	28	27	6	16 feb	−14,9	−21,6
25	1847-1848	−272	−6,0	16 dec	29 jan	45	41	3	27 jan	−13,1	–
	1870-1871	−265	−4,7	20 dec	13 feb	56	37	3	11 feb	−10,8	−15,0
	1978-1979	−263	−4,5	30 dec	26 feb	59	40	5	5 jan	−12,4	−17,7
	1846-1847	−249	−3,3	1 dec	13 feb	75	50	0	16 jan	− 8,9	–
	1894-1895	−231	−5,6	26 jan	7 mrt	41	32	1	6 feb	−10,5	−14,8
	1940-1941	−215	−3,8	14 dec	7 feb	56	38	0	16 jan	− 8,1	−11,5
	1916-1917	−201	−6,1	15 jan	16 feb	33	29	1	3 feb	−10,9	−16,5

< betekent: lager dan

E. L. VAN DESSEL

Projekt Hipparcos:

Astrometrie vanuit de ruimte

Sterren hebben een positie aan de hemel, beschrijven een bepaalde beweging en staan op zekere afstand van ons vandaan. Al deze eigenschappen kunnen we meten: we bedrijven dan *astrometrie.* Onze meetresultaten worden echter verstoord door de aardatmosfeer. Met onze huidige technologische kennis kunnen wij ook instrumenten de ruimte inzenden, om daar metingen te verrichten. Dat is natuurlijk wel een dure zaak. Is het dat waard? Onderstaand een beschrijving van het project Hipparcos, waar astrometristen reikhalzend naar uitzien.

In de huidige sterrenkunde neemt de astrofysika een belangrijke plaats in. Lange tijd betekende sterrenkunde echter: bepaling van de plaats en de beweging van hemellichamen. Wij hebben bewijzen (bijv. Stonehenge) dat al in prehistorische tijden sommige volkeren goede waarnemers hadden en de seizoenen of zelfs eklipsen behoorlijk nauwkeurig konden voorspellen. In de 16e eeuw (Copernicus e.a.) kwam de doorbraak naar een beter begrip van de opbouw van ons zonnestelsel. In de 19e eeuw (Struve, 1837) werden parallaxmetingen aangevat om de afstand tot de sterren te bepalen. Met de ontdekking van lijnen in het spectrum van de zon (Fraunhofer, 1815) ontstond echter ook een splitsing van de astronomie en astrofysika (fysika van de sterren) en plaatsbepalende sterrenkunde of astrometrie. Op beide gebieden is men steeds dieper in het heelal gaan kijken. De astrometrie heeft ons de opbouw van het melkwegstelsel leren kennen (1926, Lindblad, Oort: eigenbeweging van de sterren); met de waarneming van eigenbewegingen in sterassociaties (1950, Ambartsoemian en Blaauw) krijgen we ook meer inzicht in de struktuur van de spiraalarmen van melkwegstelsels, van belang voor het ontstaan van sterren en van de dynamika van een melkwegstelsel. De astrometrie van vandaag omvat nog steeds de exakte plaatsbepaling van sterren, parallaxmetingen, meting van eigenbewegingen, en verder bijv. de bepaling van posities en banen van planeten, planetoïden en kometen. Een groot gedeelte van dit soort werk is routine, zodat het niet de meest populaire tak van de astronomie vormt. Toch kan de astrometrie nog steeds interessante bijdragen tot onze kennis leveren.

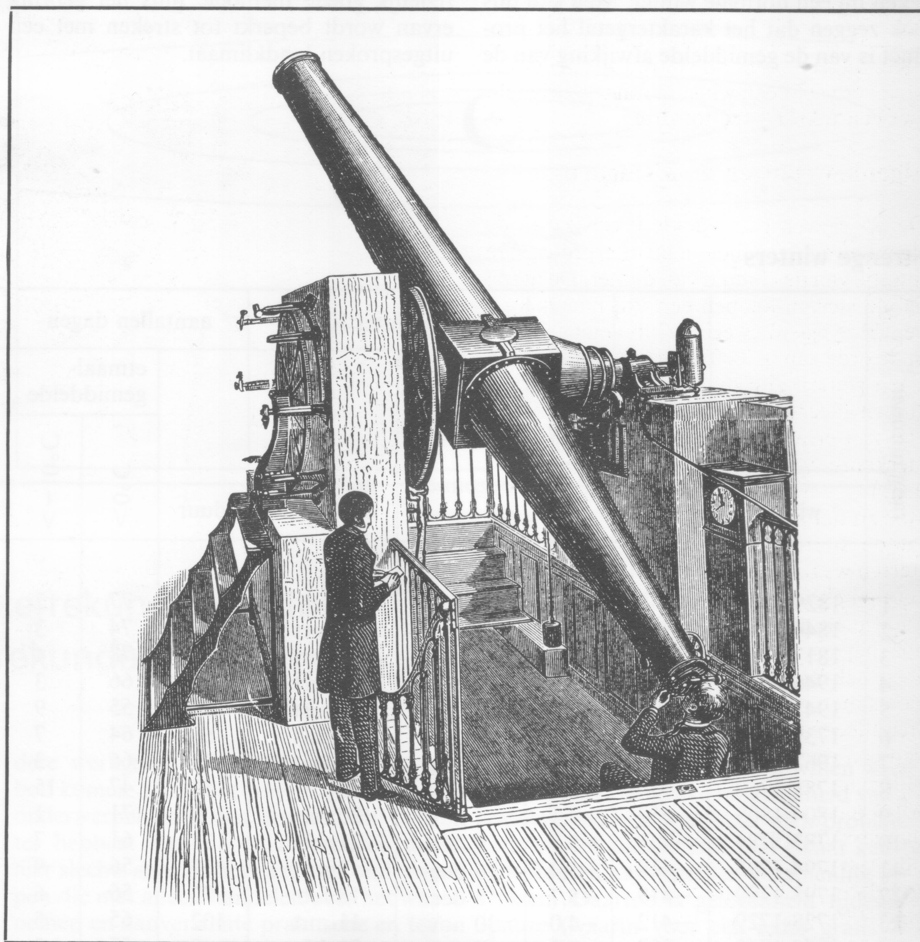
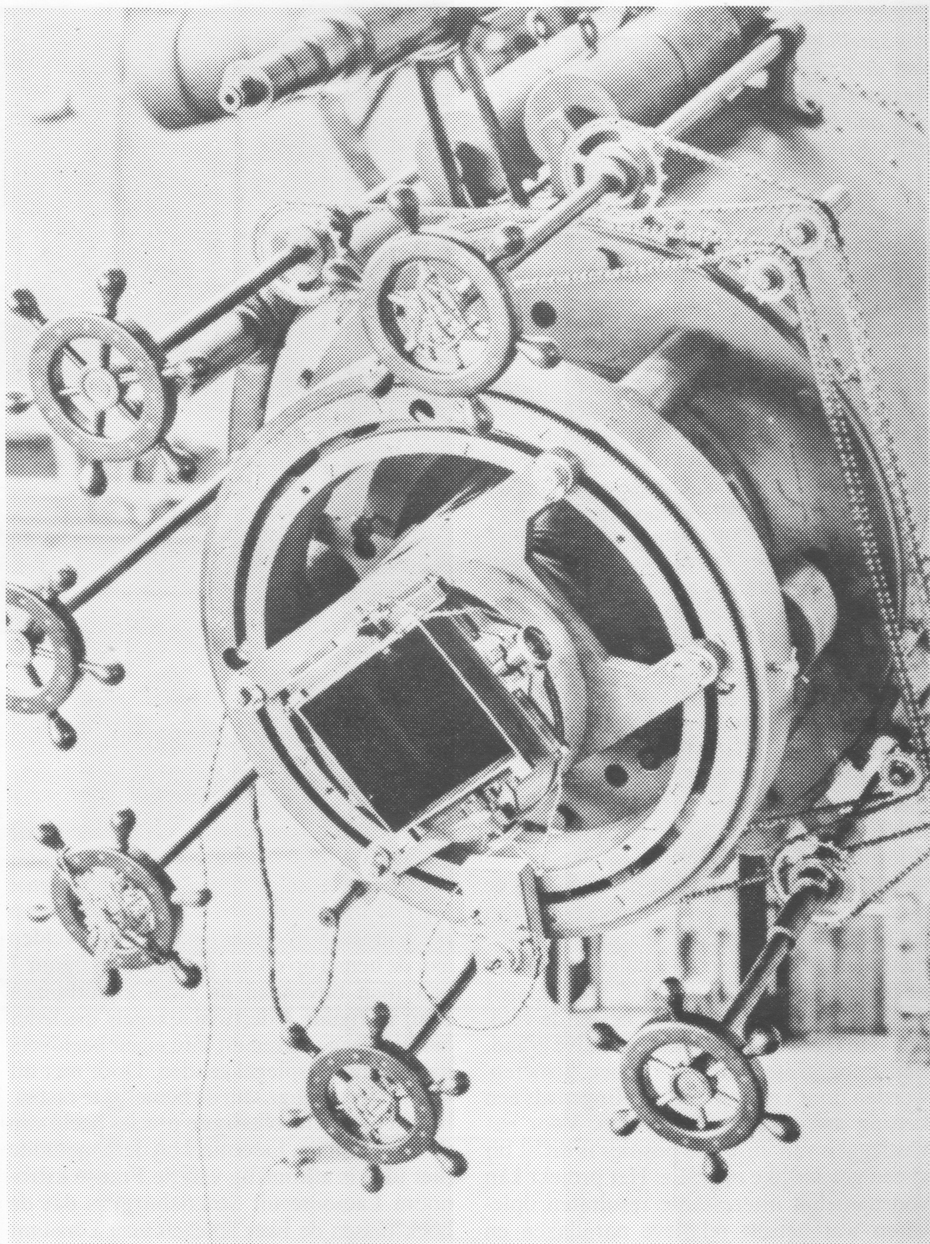


Fig. 1. Een meridiaancirkel waarmee in de 18e en 19e eeuw de posities van sterren werd gemeten. Uit de afgelezen hoogte van de ster tijdens meridiaandoorgang werd de declinatie afgeleid. Het tijdstip van doorgang (af te lezen op de klok rechts) leverde de rechte klimming van de ster op.

Huidige stand van zaken

De plaats van een punt in de ruimte kan men beschrijven door een koördinatenstelsel in te voeren (bijv. een oorsprong en drie assen loodrecht op elkaar). Maar waar en hoe moet men een vast, onbeweeglijk stelsel in de ruimte van het heelal plaatsen? Men probeert vaste assen in de ruimte te definiëren en spreekt dan van het *fundamenteel referentiesysteem.* De assen kan men geometrisch definiëren aan de hand van verafgelegen, vrijwel puntvormige melkwegstelsels, of dynamisch aan de hand van de beweging van de maan of andere leden van ons zonnestelsel. In de praktijk beschrijft men het fundamenteel referentiesysteem echter toch aan de hand van een katalogus van sterposities en eigenbewegingen. De katalogus die op het ogenblik hiervoor het best geschikt is, is de FK4 (4e Fundamentele Katalogus); deze bevat 1535 sterren. De nauwkeurigheid van de positie van een ster ligt gemiddeld tussen 0,″05 en 0,″10 en varieert nogal van gebied tot gebied aan de hemel. De eigenbewegingen worden gegeven met een precisie die geschat wordt op gemiddeld 0,″002 per jaar. De FK4 is beperkt tot sterren helderder dan de visuele magnitude 7,5. Voor zwakkere sterren is

Fig. 2. De platencamera in het brandpunt van de 1-meter refractor van de Yerkes-sterrenwacht. Frank Schlesinger begon hiermee in 1903 fotografische parallaxmetingen te doen.



men aangewezen op andere katalogi (bijv. de AGK3R), die echter minder nauwkeurig zijn. Al bij al is men niet erg tevreden met de FK4 als beschrijving van het fundamenteel referentiesysteem. Sommige metingen, zoals bijv. interferometrie met lange basis-lijn, lasermetingen van de afstand aarde-maan, sterokkultaties door de maan, radarmetingen van de afstand tot een planeet, hebben een veel grotere precisie. De zwakste schakel in de keten is dan de katalogus, dus het koördinatenstelsel. Op het ogenblik wordt gewerkt aan de opvolger van de FK4, de FK5, die een 5000-tal sterren zal bevatten. Men verwacht een winst in nauwkeurigheid met een faktor twee tot drie.

Eigenbewegingen en afstanden

De opgegeven gemiddelde precisie van de eigenbewegingen moet men interpreteren in funktie van de afstand van de ster. De meest nabije sterren hebben een vrij nauwkeurig bepaalde eigenbeweging (bijv. met een fout in de orde van 0,″0007), maar voor verafgelegen sterren zijn de gevonden eigenbewegingen alleen nuttig voor statistisch gebruik. Het ziet er niet naar uit dat hier vooreerst merkbare vooruitgang gemaakt zal worden.

Hoe zit het met onze kennis van de afstand tot de sterren? Er zijn slechts een 10-tal sterren waarvan de afstand tot op 2% nauwkeurig bekend is. Voor een precisie van 20% schat men het aantal op 1200. Bijgevolg is ook het aantal sterren waarvan de massa goed bekend is klein.

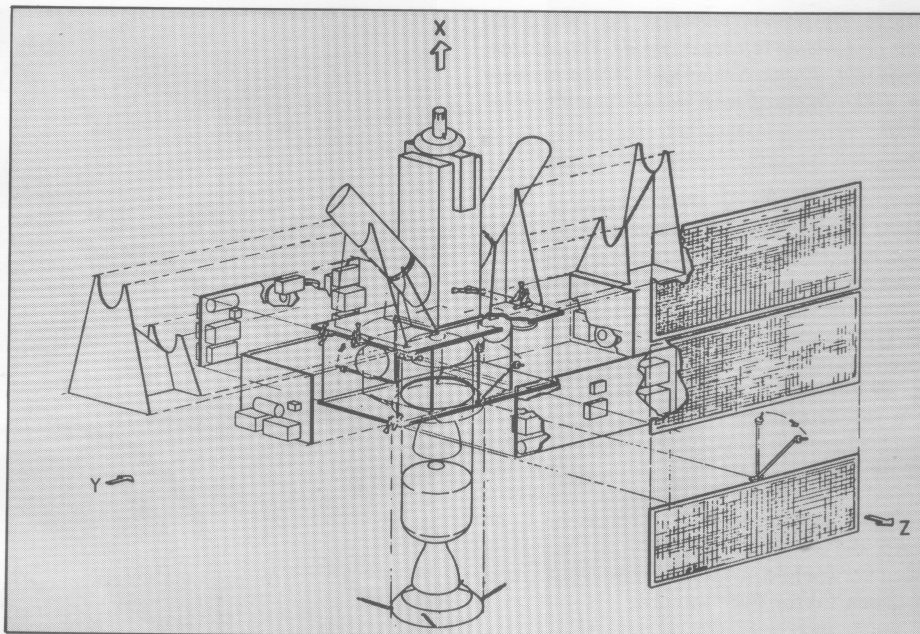
Zoals men weet kan men de massa van een ster alleen vinden indien deze deel uitmaakt van een dubbelstersysteem, en wel met behulp van de 3e wet van Kepler. Op deze wijze schat men het aantal sterren waarvan de massa tot op 15% nauwkeurig bekend is op 25, zeer weinig dus. Op het ogenblik is de trigonometrische parallax bepaald voor zo'n 8000 sterren. Daarbij is echter ook een sterk selektie-effekt aanwezig: het leukste is natuurlijk om sterren met een grote parallax te meten, dus sterren op geringe afstand (bijv. binnen 20 pc). Met de afstandsbepaling in ons heelal loopt het al gauw fout als we verderaf gelegen gebieden bekijken. Afstanden groter dan 100 pc zijn vaak gebaseerd op statistische gegevens; men tracht bijv. sterhopen t.o.v. elkaar te situeren. De dichtstbijgelegen stercluster, de Hyaden, ligt op 42 pc en heeft dus een parallax van 0″,025. Voor een parallax in de orde van 0″,002 kan men in de katalogus vaak iets vinden als 0″,002 ± 0″,006. Verder stellen we een grote onevenredigheid vast tussen onze gegevens aan het noordelijk en het zuidelijk halfrond en bestaan er systematische afwijkingen tussen die gegevens.

Men kan deze resultaten vrij pover vinden, maar het moet gezegd dat het bepalen van een parallax een werk van lange duur, van grote nauwkeurigheid en waarschijnlijk ook

Hipparchos

De Griekse wis- en sterrenkundige Hipparchos (met een *ch*) leefde van ca. 192-126 vC te Nicaea in Klein Azië en op het eiland Rhodos. Hij wordt wel beschouwd als de grondlegger van de systematische sterrenkunde. Hij mat de positie van de maan t.o.v. de sterren en bepaalde aldus haar parallax. De afstand aarde-maan die hij vond, 30 maal de diameter van de aarde, is een uitstekende benadering van de werkelijkheid. Hipparchos stelde eveneens de eerste nauwkeurige sterrencatalogus samen, gebaseerd op eigen waarnemingen. Toen hij zijn sterposities vergeleek met die van de sterrenkundige Timocharis, circa 160 jaar vroeger, vond hij een systematische verschuiving van west naar oost. Dit effect (de *precessie*) kan worden verklaard als een gevolg van de kegelvormige beweging van de aardas. Hipparchos gaf voorts een verklaring van de bewegingen van de hemellichamen met behulp van een systeem van cirkels en hulpcirkels; hij gaf daarmee de klassieke vorm aan de epicykeltheorie.

Fig. 3. Schema van de voorgestelde Hipparcos-satelliet. Het principe berust op het meten van de positie van sterren die ver uit elkaar liggen. De twee telescoopjes hiervoor bevinden zich aan het boveneinde van de satelliet (naar ESA Report fig. 4.1.).



van grote verveling is. Men verwacht dat het aantal parallaxbepalingen in de loop van de volgende 10 jaar zal toenemen met 500 tot 1000: dat is minder dan in de afgelopen decennia.

En wat bereikt men vanuit de ruimte?

Astrometrie vanaf de aarde heeft dus te kampen met problemen van precisie, en met de trage vergaring van gegevens. Het is mogelijk dat er snellere, meer geautomatiseerde waarnemingsmethoden te vinden zijn; misschien is de astrometrie wat dit betreft enigszins achterop geraakt t.o.v. andere takken in de astronomie. Maar de nauwkeurigheid van de gegevens, in het bijzonder die voor zwakkere sterren waar men nu aan toe is, zal in ieder geval beperkt blijven door de storende werking van de aardatmosfeer (refraktie, turbulentie). Het is duidelijk dat astrometrie vanuit de ruimte hier de oplossing kan brengen. Tot dusver heeft astrometrie echter steeds een lage prioriteit gekregen bij ruimtevluchten.
NASA heeft nu een projekt voorzien met de *Space Telescope* (die een spiegel heeft van 2,4 m diameter) om relatieve astrometrische metingen uit te voeren. Het volgsysteem kan de positie van een ster tot op 0″,002 bepalen t.o.v. twee andere sterren in hetzelfde veld. Dit veld is echter vrij klein: een halve graad. Een boog groter dan 0°,5 moet 'gemeten' worden door verschillende metingen als een ketting aan elkaar te koppelen. Voor het vastleggen van absolute posities is dit al bij al een gevaarlijke operatie. Het projekt kan voornamelijk interessante resultaten opleveren wat betreft relatieve parallaxen en relatieve eigenbewegingen (dus van de ene ster t.o.v. de andere in het zelfde veld). Dit betekent dat men met een bepaald doel voor ogen bepaalde objekten kiest en deze zeer nauwkeurig meet. De Space Telescope kan zeer zwakke sterren waarnemen: helderder dan 10e magnitude zou men zelfs met filters moeten werken. De waarnemingstijd zal echter beperkt zijn door de konkurrentie van andere, niet astrometrische projekten. Dit betekent dat bijv. absolute eigenbewegingen waarschijnlijk buiten het bereik van dit projekt liggen (de lancering van het instrument zou in 1983 plaatsvinden).
Intussen is bij ESA (European Space Agency) ook een voorstel ingediend om een puur astrometrische satelliet te ontwikkelen: de *Hipparcos*, een samentrekking van HIgh Precision PARallax COllecting Satellite. Het projekt is wetenschappelijk voldoende uitgewerkt, maar is nog niet in het stadium van uitvoering. ESA zoekt of wacht op deelnemers die geld en mankracht willen leveren. Aanvankelijk waren er een drietal opties voor de technische uitvoering in kompetitie, maar op het ogenblik schijnt de zogenaamde optie A, met een eigen satelliet, de voorkeur te hebben. Het basisprincipe van de gekozen optie is om met grote precisie de positie van sterren te meten die ver uit elkaar liggen, in de orde van 90°. Daartoe worden in het brandvlak van een telescoop de beelden van twee verschillende velden aan de hemel op elkaar gebracht. In figuur 3 kan men bovenaan de twee kijkerbuizen zien; in figuur 4 de twee spiegels die ieder het licht van sterren uit hun eigen beeldveld naar de hoofdspiegel zenden. Door met dit hele systeem langzaam de hemel af te tasten, bouwt men een volledig en precies beeld van de hemelbol op. Essentieel bij deze methode (het idee is afkomstig van de Franse astronoom Lacroute uit Straatsburg) is dat de hoek tussen de twee spiegels zeer konstant moet zijn: tot op 0″,001 gedurende een waarnemingstijd van bijv. 20 minuten. Dit vereist o.a. een konstante temperatuur. Voor de primaire spiegel van de Schmidt-teleskoop denkt men aan een spiegel van 25 cm diameter.

Cirkel na cirkel

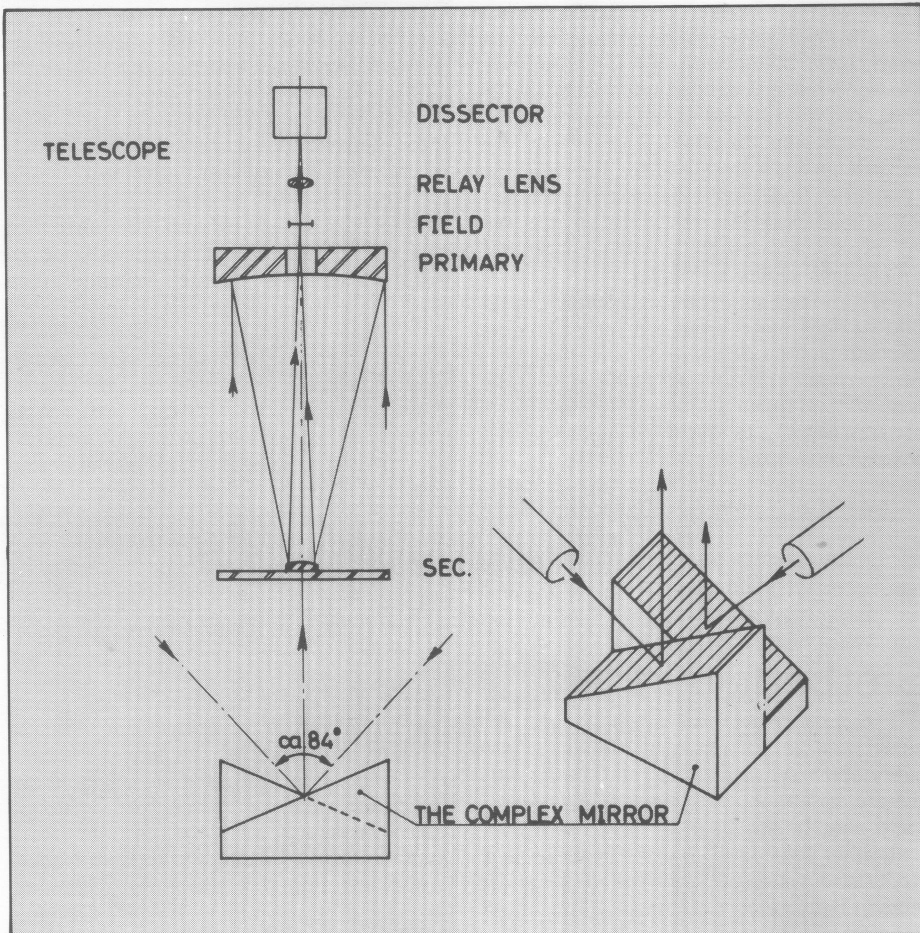
Het aftasten van de hele hemelbol zou gerealiseerd worden door de satelliet in een cirkelvormige baan op vrij geringe hoogte te laten draaien, rond een as die een vaste hoek maakt (ongeveer 30°) met de richting naar de zon. Deze as draait dus langzaam mee, zodat alle stervelden in de loop van een jaar langstrekken. Terwijl de satelliet zijn baan beschrijft, met een omlooptijd van enkele uren, wordt de hemelbol afgetast langs een grote cirkel en in een vlak ongeveer loodrecht daarop. Eén periode later wordt dus een andere grote cirkel gevolgd. De posities van de sterren op dezelfde grote cirkel worden met elkaar verbonden en met die van de cirkel van de vorige periode (waarbij een groot aantal sterren dezelfde waren, omdat het veld maar weinig verschilt van dat van de vorige omloop).

Ten gevolge van de baanbeweging van de satelliet trekken sterren door het veld van de teleskopen met een snelheid van 220″ per sekonde. Niet alle sterren in het beeld (ongeveer 1° in diameter) worden gemeten; men kiest alleen degene uit die men wil waarnemen. De meting wordt gedaan met behulp van transmissietralies: doorzichtige en ondoorzichtige banden van ongeveer 1″ breedte (ongeveer de afmeting van een sterbeeld met zijn diffraktieringen). De beweging van de ster over de tralie wordt elektronisch gevolgd, waarbij steeds de positie in samenhang met de tijd wordt geregistreerd. Voor dit laatste is er een kwartsklok aan boord. Zoals gezegd worden posities bepaald door de metingen te verbinden aan die van andere sterren. Indien de satelliet volgens de opzet enkele jaren in bedrijf zou blijven, zou men ook parallaxen en eigenbewegingen kunnen bepalen.

Verwachte rendement van Hipparcos

Over de voordelen van ruimte-astronomie t.o.v. astrometrie vanaf de aarde hadden we het reeds eerder. We zetten ze nog even op een rijtje:
– Atmosferische refraktie: voor aardse metingen is men verplicht korrekties aan te brengen die voor een deel onzeker zijn; in de ruimte is er geen refraktie.
– Atmosferische turbulentie: op aarde wordt de 'seeing' door de atmosfeer bepaald (het beeld wordt uitgespreid); in de ruimte is deze invloed uitgeschakeld.
– Ook de vervorming van het beeld ten gevolge van de buiging van de teleskoop in verschillende standen (een teleskoop is geen echt star geheel) vervalt in de ruimte, omdat de teleskoop daar gewichtsloos is. Met het projekt zoals het ingediend is komen daar nog bij als winstpunten:
– het aftasten van de hemel door één en

Fig. 4. *Het optische systeem voor het meten van de sterposities. Met behulp van de samengestelde spiegel (rechts) wordt het licht van twee stervelden naar de hoofdspiegel gezonden. In het Cassegrain-brandpunt hiervan vindt detectie plaats (naar Høg en Olsen).*



hetzelfde instrument, zonder moeizame kontroles tussen diverse waarnemingsstations om onderlinge afwijkingen te ontdekken. We noemden reeds de systematische verschillen tussen gedane metingen aan het noordelijk en zuidelijk halfrond; met de satellietwaarnemingen zal hier dus orde op zaken gesteld kunnen worden.

– Het grote aantal metingen, ook van zwakkere sterren.

– De sterk toenemende nauwkeurigheid, met vrijwel verwaarloosbare systematische fouten.

Over de precisie worden als cijfers gegeven:

0",001 à 0",003 in positie (nu in de orde van 0",04);

0",001 à 0",003 per jaar in eigenbeweging voor sterren tot de 11e magnitude (nu ook 0",002, maar voor een vrij beperkt aantal sterren); tot 0",01 voor sterren tot 14e grootte;

0",001 à 0",004 in parallax (nu zeer uiteenlopend, met als gemiddelde ca. 0",013).

In 25 jaar tijd hoopt men zo'n 100 000 sterren waar te nemen, verdeeld als volgt:

helderheid	aantal sterren	% van alle sterren van die helderheid	waarnemingstijd per ster (in sek.)
6	3000	100	280
6- 7	5400	100	300
7- 8	14800	100	320
8- 9	40800	100	385
9-10	16000	15	560
10-11	12000	4	1030
11-12	6000	0.8	1900
12-13	2000	0.1	2100

Een ander voordeel is nog dat er keuzemogelijkheid bestaat. Voor de eigenbeweging bijv. werden tot dusver voornamelijk sterren uitgezocht waarvan de eigenbeweging groot is. Men zou nu ook eens wat andere kriteria kunnen aanleggen, bijv. sterren met interessante spektroskopische karakteristieken, met bekende radiële snelheid etc. Met de verbeterde parallaxbepalingen zou ook het aantal sterren waarvan de massa tot op 15% nauwkeurig kan worden berekend aanzienlijk kunnen toenemen.

Wetenschappelijk rendement

Op het ogenblik worden de meest spektakulaire ontdekkingen in de astronomie zeker niet gedaan in het domein van de astronomie. Toch moet onze kennis over een aantal fundamentele gegevens beslist nog verbeterd worden en het is de astrometrie die deze gegevens moet leveren. Enkele voorbeelden:

a. Dubbelsterren en massabepalingen

De theorie over de vorming van sterren hangt nauw samen met de statistiek van het voorkomen van meervoudige stelsels; op beide punten schiet onze kennis nog tekort. Bij het systematische onderzoek van de hemel zoals gepland is met Hipparcos (o.a. *alle* sterren helderder dan de 9e magnitude), zou automatisch een statistiek opgeleverd worden over het aantal visuele dubbelsterren: het dubbel zijn zou ontdekt worden bij een minimale afstand van 0",11. Anderzijds zou de parallax van een aantal dubbelsterren met bekende baanelementen exakter bepaald kunnen worden, dus ook de massa. Het aantal visuele dubbelsterren met berekende baan bedraagt op dit ogenblik ca. 600. In de komende jaren zal dit aantal waarschijnlijk vrij snel toenemen, omdat men met nieuwere technieken ook nauwere stelsels (die in principe ook een kortere omloopstijd hebben) kan waarnemen. De satelliet zou trouwens ook meer van dit soort stelsels ontdekken.

b. Het Hertzsprung-Russell diagram

Met de gegevens van de satelliet zou ook het H-R diagram beter 'opgevuld' kunnen worden. In het bijzonder zouden nauwkeurige absolute helderheden verkregen worden voor een aantal sterren dankzij de betere afstandsbepalingen. De hoofdreeks vormt bijv. in het gebied van de F- en G-sterren een vrij dikke band. Men zou dan kunnen kijken of dit reëel is, of er een onderscheid bestaat tussen sterren met verschillende bewegingseigenschappen, of het verband proberen te leggen met samenstelling, ouderdom etc. Ook het diagram afstandsmodulus m-M versus kleurenindex B-V zou aangevuld kunnen worden: op het ogenblik is m-M maar voldoende gekend voor sterren tot op ca. 15 pc. De astrometrische satelliet zou deze grens verleggen tot op 75 pc, zodat voor het eerst ook B-sterren van de hoofdreeks en K- en M-reuzen in het diagram geplaatst zouden kunnen worden.

c. Chemische en dynamische evolutie van het melkwegstelsel

Voor de studie van de evolutie van het melkwegstelsel heeft men sterren nodig waarvoor veel gegevens gekombineerd kunnen worden: fotometrische en spektroscopische karakteristieken (om ouderdom en samenstelling te kennen), lichtkracht (cf. punt b), en astrometrische gegevens (positie, afstand, beweging: richting en snelheid). Ook hier is men tot dusver gebonden aan een soort horizon; van verderafgelegen sterren is bijv. de beweging loodrecht op de waarnemingsrichting, nodig om de ruimtelijke beweging te kennen, te onnauwkeurig bepaald. Hipparcos kan die horizon verleggen: laatstgenoemde beweging zal dan voor sterren op 100 pc nog tot op 5 km/s nauw- ▶▶

keurig gemeten kunnen worden. Zo zal men ook de galaktische baan van interessante individuele objekten, zoals jonge sterren, kunnen vinden. Dit alles kan zonder twijfel een grote vooruitgang teweegbrengen bij het onderzoek van de galaktische rotatie, van gebieden waar sterren worden geboren, van verschillen in de snelheid van sterren in relatie met de struktuur van spiraalarmen etc.

d. *De opbouw van het heelal*
De afstandsschaal in ons heelal wordt opgebouwd door middel van een serie ijkingen, te beginnen met de afstand tot dichtbijgelegen sterren. Een belangrijke stap in de ijking is de afstand tot en de eigenbeweging van de Hyaden (42 pc van ons af gelegen). Hipparcos zou deze afstand tot op 1% nauwkeurig leveren. Met de nodige fotometrie van de sterren waarvoor preciese astronomische gegevens verkregen zijn, zou men voldoende sterren kunnen klassificeren naar ouderdom en samenstelling. Ook van verderafgelegen sterrenhopen en extragalaktische stelsels kan de afstand dan nauwkeuriger dan nu bepaald worden op basis van de fotometrische eigenschappen van hun sterren en van de gebruikelijke afstandsindikatoren (Cepheïden, RR Lyrae veranderlijken etc.).

Al met al een programma om van te watertanden. Maar, indien inderdaad tot uitvoering van het projekt besloten wordt, zal de wetenschappelijke, technische en organisatorische arbeid wel een vijftal jaar in beslag nemen. Dat betekent een lancering niet vóór 1985, en met een vluchttijd van minimum 2,5 jaar resultaten te verwachten rond 1988. Met een beetje geluk leest u het ook in Zenit.

Bronnen:

Deze bijdrage is gebaseerd op twee E.S.A. rapporten (Space Astrometry, Hipparcos – DP/PS (76)11 en DP/PS (78)13), op een publikatie van E. Høg en H. J. Fogh Olsen (Copenhagen University Observatory Reprint No. 315) en op een lezing in Luik door M. Crézé van het Observatoire de Besançon.

Sterbedekkingen juli-september 1979

Hieronder volgt de lijst van totale bedekkingen die, strikt genomen, voor Utrecht voorspeld zijn. In de maanden juli tot en met september 1979 kunnen deze echter in heel Nederland waargenomen worden. Waarnemers in België kunnen beter de voorspellingen voor Ukkel raadplegen.
Het tijdstip is opgegeven tot in tiende delen van minuten; de waarnemer moet het tijdstip zo nauwkeurig mogelijk bepalen. De tijdstippen zijn in wereldtijd opgegeven. Er moeten dus twee uren worden bijgeteld om de tijdaanwijzing van Nederland en België te verkrijgen.
Nadere inlichtingen voor hen die in Nederland wonen zijn te krijgen bij D. Schmidt, Groen van Prinstererlaan 25, 1272 GB Huizen. Voor hen die in België woonachtig zijn bij Jean Meeus, Heuvestraat 31, 3071 Erps-Kwerps.
D. Schmidt

Datum 1979 M	D	Tijdstip UT h	m	Z.C.	Magn.	Elongatie °	D* R*	P °	Az.** van de maan °	h °	a tijdmin/graad	b	Dubbelster Aitken	Naam van de ster
7	2	21	26.9	1849	6.2	93	D	100	238	18	−0.8	−1.7		38 Vir
7	13	23	29.1	3432	6.3	237	R	299	117	12	−0.7	+1.0		317 B. Aqr
7	28	19	40.8	1712	3:8	51	D	132	254	14	−0.3	−2.2		β Vir
8	4	22	46.1	2571	6.9	134	D	122	211	13	−1.3	−1.5		6 G.Sgr
8	4	23	21.5	2573	7.3	134	D	17	219	11	–	–		290 B. Sgr
8	14	0	41.4	405	4.4	259	D	84	105	24	−0.5	+1.6		μ Cet
8	14	1	44.0	405	4.4	259	R	235	119	33	−0.6	+1.9		μ Cet
8	16	1	3.3	675	5.7	284	R	243	86	17	0.0	+1.9	3264	80 Tau
8	16	1	18.8	678	5.5	284	R	249	89	19	−0.1	+1.8		81 Tau
8	16	1	56.8	682	6.0	284	R	268	96	25	−0.4	+1.6		85 Tau
8	17	1	47.7	806	5.1	296	R	283	84	17	−0.2	+1.3		111 Tau
8	29	20	3.1	2223	4.0	77	D	75	229	11	−0.9	−1.2	9704	γ Lib
9	2	19	38.8	2825	6.4	127	D	147	171	18	–	–		226 B. Sgr
9	11	3	48.6	491	6.2	242	R	223	182	51	−1.2	+1.5		8 B. Tau
9	12	1	56.6	626	6.4	254	R	294	125	42	−1.4	+0.4		48 Tau
9	12	3	15.4	635	3.9	254	D	45	149	50	−1.0	+2.1		γ Tau
9	12	4	21.6	635	3.9	254	R	287	174	53	−1.7	−0.5		γ Tau
9	29	18	9.4	2758	7.0	95	D	22	181	19	–	–		
9	29	18	49.1	2763	6.7	95	D	68	191	18	−1.4	0.0		
9	29	20	46.3	2773	6.1	96	D	82	218	11	−1.0	−1.0	11972	171 B. Sgr
9	29	20	55.6	2774	6.3	96	D	51	220	10	−0.7	−0.4		173 B. Sgr

* D = intrede, R = uittrede
** Az. het azimuth, gerekend vanaf het noorden, evenals bij het kompas.
Een uiteenzetting van de betekenis van de kolommen wordt op aanvrage toegezonden.

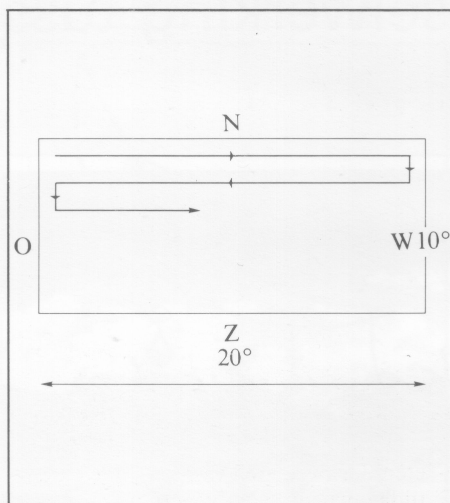
Amateurs speuren naar novae

Sinds ruim een jaar bestaat er in de schoot van de Belgische Werkgroep Veranderlijke Sterren een nova-sectie. Het doel ervan is vooral een coördinatie van de amateurs die systematisch naar novae zoeken, en verder het verwerken van waarnemingen van novae. Over de systematische zoektocht naar novae het volgende.

De beroepsastronomen hebben geen tijd om steeds opnieuw de hemel af te speuren naar novae. Hier komt een groot terrein vrij voor de amateur. De nova-wacht is er op gericht om systematisch de melkweg uit te kammen. Wanneer er een nova ontdekt wordt is dit bijzonder interessant voor de wetenschap, vooral wanneer de nova nog in het stijgende deel van de lichtcurve is. Het komt er dus op aan om er zo vroeg mogelijk bij te zijn: de stijging gaat namelijk zeer snel.

Methode

Daar het bijna niet mogelijk is om de gehele hemel af te zoeken, zullen wij ons beperken tot de melkweg. Hier komen ook de meeste novae voor (de novae in Cygnus, Vulpecula enz.). Zelfs nu is het ons niet mogelijk om de gehele melkweg in de gaten te houden. Voorlopig beperken we ons tot de melkweg van Scutum tot Cygnus. Hier kan verandering in komen wanneer meer amateurs zich bij ons aansluiten.
Iedere waarnemer neemt een of meerdere delen van de melkweg voor zijn rekening en gebruikt hiervoor een speciale kaart (zie verder). Voor een gemakkelijk afzoeken kan men het beste een azimuthaal opgestelde telescoop gebruiken. Voor ons doel is het aangewezen een lichtsterk en lichtgewicht instrument te gebruiken. Daar we slechts zoeken tot magnitude 8 (sommigen tot magnitude 10) is een gewone 7x50 of gelijkwaardige binoculair voldoende. Deze moet op een statief worden geplaatst. De leden nu gebruiken binoculairs van 7x50 tot 24x100; ondergetekende gebruikt ook een 21 cm F 4 Newton-telescoop.
Bij het afzoeken gaat men als volgt te werk. Men zoekt eerst een gebied dat men wil onderzoeken. Men richt de kijker op het punt met de grootste hoogte. Dan gaat men langzaam van oost naar west, terwijl men zoekt naar verdachte objecten tot magnitude 8. Wanneer men aan de grens komt van het gebied, zakt men iets in hoogte en gaat dan verder van west naar oost. Deze procedure herhaalt men steeds (zie figuur).



Figuur 1

De kaart

Voor het vervaardigen van de kaart beschikt men het best over de volgende atlassen. Indien men ze niet heeft kan men wel een bevriend amateur aanspreken. Het betreft de Atlas Coeli en de Atlas Borealis-Eclipticalis van Bečvar.
Eerst tekent men het gebied over uit de Atlas Coeli (mag 7,75). Bij heldere hemel gaan we dan het gebied voor de eerste maal onderzoeken. We tekenen nu alle sterren die we zien op de kaart op. Met deze gecorrigeerde kaart gaan we een vergelijking maken met een atlas tot magnitude 10 (van Bečvar of een SAO-kaart). Aldus kunnen we de juiste posities van de bijgetekende sterren optekenen. Met deze kaart gaan we opnieuw naar buiten en vergelijken nogmaals met de werkelijkheid om te zien of we niets vergeten zijn. Eventueel kan men ook eens een foto van het gebied maken met een standaardlens, Tri-X film en een belichtingstijd van 10 seconden. Alle sterren die ook op de kaart staan zullen te zien zijn. Men neemt het best twee foto's, om fouten in de emulsie te vermijden. Alzo hebben we een kaart klaar voor gebruik. Men neemt het te onderzoeken gebied het beste iets groter dan de door de sektie opgegeven waarde, zodat er een overlapping tussen de verschillende gebieden is.

Wat doen bij ontdekking

Een goede raad: steeds kalm blijven. Men tracht zichzelf te overtuigen dat het wel geen nova is. Alle mogelijkheden worden grondig onderzocht. De belangrijkste misleidingen ontstaan door het bewegen van een planetoïde door het gebied. Dit kan men ophelderen door een almanak na te slaan, of een paar uur te wachten om te zien of het object niet beweegt. Wanneer men dan toch een nova gevonden heeft, brengt men het beste de werkleider telefonisch (en zo vlug mogelijk schriftelijk te bevestigen) op de hoogte, waarbij men duidelijk de positie moet aangeven. Ook een sterrenwacht moet gewaarschuwd worden, zodat men de nova kan fotograferen en het spectrum vastleggen. Men tracht ook de helderheid exact te schatten en bij het opsturen van de waarnemingen de vergelijkingssterren te vermelden (met magnituden, of met letters en positie als de magnitude niet bekend is). De waarnemingen worden uiteindelijk doorgestuurd naar Guy Hurst van de 'nova patrol' in Engeland, en de ontdekking wordt doorgeseind naar het IAU-Telegram-Bureau in Cambridge, Mass.

Resultaten

Waarschijnlijk zal het een lange tijd duren vooraleer men een nova ontdekt. Dit mag echter niet ontmoedigen en kan veeleer een aanzet zijn om er nog een gebied bij te nemen en zo de kans op succes te bevorderen. Dat het wel mogelijk is voor amateurs om novae te ontdekken blijkt uit de ontdekking van Nova Cygni 1978 door Patrick Wils en ondergetekende. Dit was wel een onverwachte ontdekking, totaal buiten een zoekgebied, maar wel op de AAVSO kaart van SS Cygni gelegen! Als intensieve variabelenwaarnemers konden we hem gewoon niet missen.
Wie geïnteresseerd is kan eens schrijven naar Dominique Dierick, Kamerstraat 11, 9360 Buggenhout, België. Telefoon 052.33.26.34

MARTIN VISSER

El Niño:

rampzalige wisselwerking tussen lucht en zee

Op het land wordt de kuststrook gekenmerkt door een klimaat dat de stempel draagt van de nabijheid van de zee. Tenminste, indien er een koppeling van zee naar land plaatsvindt door een overheersende *zeewind.* Is de wind andersom gericht, dan ondervindt het klimaat van het land géén invloed van de zee, en zal soms zelfs op zee de invloed van het land sterk merkbaar zijn. Een voorbeeld hiervan vinden we in de opstromingsgebieden voor de westkust van Zuid Amerika. Indien dan af en toe de zee toch de gelegenheid krijgt om zijn invloed uit te oefenen op de atmosfeer boven het land, dan kan dit leiden tot tijdelijk grote veranderingen voor land, dier en mens. Een voorbeeld hiervan is El Niño, een verschijnsel dat kort na Kerstmis voor de kust van Peru optreedt.*



Fig. 1. Stroomvallei voor de Cordillera Blanca nabij de kust van Peru. De kuststrook van dit land wordt regelmatig getroffen door enorme tropische buien, die voor plant, dier en mens rampzalige gevolgen hebben. De oorzaak ervan is het beruchte El-Niño verschijnsel.

De Peru-stroom

De zuidelijke helft van de Grote Oceaan heeft aan zijn oostkant een goed gedefinieerd stroomsysteem. Ten zuiden van ongeveer 50° zuiderbreedte stroomt de Westenwinddrift. Die gaat echter slechts voor een deel door Straat Drake ('Drake Passage'); voor de rest beweegt hij zich naar het noorden, daartoe gedwongen door de zuidpunt van Chili. Als een relatief koude stroom beweegt het water zich nu langs heel de westkust van Zuid Amerika: de Perustroom, ook wel 'Humboldtstroom' genoemd. Het is een brede stroom, tot ca. 900 km uit de kust, maar de stroomsnelheden zijn niet zo erg groot, tot 0,25 ms^{-1} (0,5 zeemijl per uur). De stroom heeft een grote persistentie, dus een geringe veranderlijkheid. Het zoutgehalte bedraagt ca. 34-35‰ en neemt naar het noorden enigszins toe. De Peru-stroom volgt de kust tot dichtbij de equator, waar hij naar het westen afbuigt. Op die plaats echter bereikt de Equatoriale tegenstroom, vanuit het westen komend, de Zuidamerikaanse kust en buigt naar het noorden af. Deze tegenstroom is warm en betrekkelijk zout-arm. De ontmoeting tussen deze twee stromen schijnt zich het duidelijkste te manifesteren bij de Galapagos-eilanden. Een levendige beschrijving hiervan wordt gegeven door de Amerikaanse biologe en publiciste Rachel Carson. Er vindt ook wel enige menging plaats, terwijl een klein deel van het water van de Perustroom zijn tocht naar het noorden voortzet langs de kust, in de richting van de Golf van Guayaquil.

Voor de kust van Peru kan men veelal nog onderscheid maken tussen de Peru-(kust)stroom, die dicht langs de kust stroomt, en de Peru-(oceaan)stroom die verder van de kust af stroomt. Beide zijn oppervlaktestromen en gaan in noordelijke richting. Op een diepte van ca. 200 m is waarschijnlijk de stroom tegengesteld gericht, zuidwaarts dus. Met zekerheid is dit het geval voor de Chileense kust, ten noorden van ca. 35° zuid. Men noemt hem wel de 'Gunther-stroom'; een officiële naam is er nog niet.

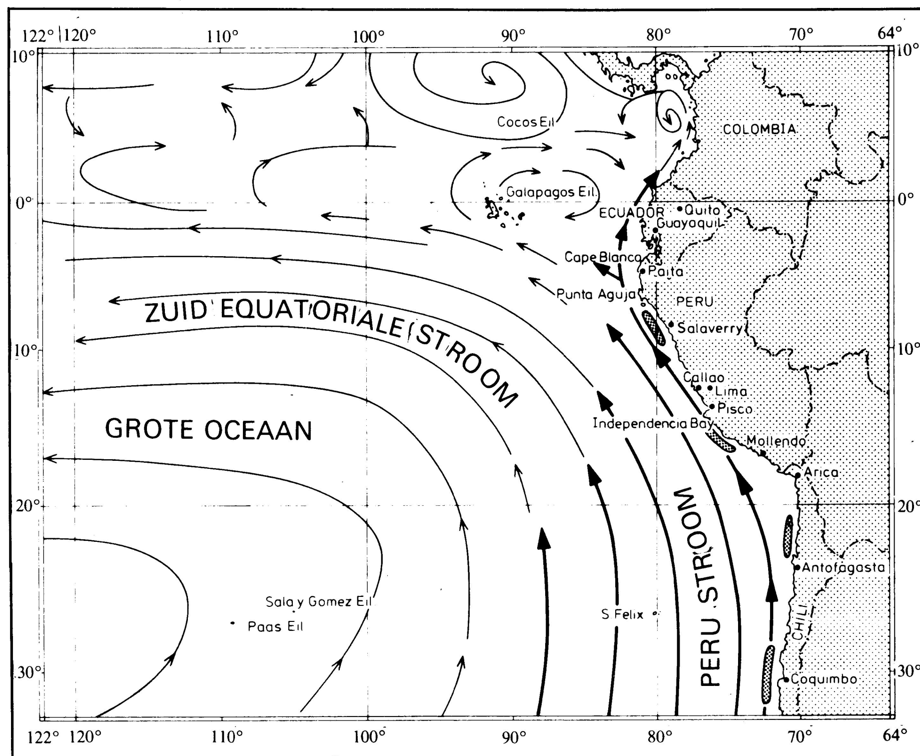
* Dit artikel verscheen eerder in *'Nautisch en Technisch Tijdschrift De Zee', jaarg. 6 (1977), p. 163-166. Het werd door de auteur voor Zenit bewerkt en met toestemming van de redactie van 'NTT De Zee' geplaatst.*

Wind-opstroming

De wind die normaal in het Peruaanse kustgebied waait is de zuid-oostpassaat. Deze waait ongeveer evenwijdig aan de kust, of is aflandig. Dit gevoegd bij de afwijking naar links, die geldt voor het door de wind opgewekte watertransport, leidt tot een aflandige beweging van het oppervlaktewater. Als gevolg hiervan komt water uit de diepte langs de kust omhoog: opstroming. Dit opstromende water, dat afkomstig is van diepten tot maximaal ca. 350 m, heeft een lage temperatuur en bevat veel voedingsstoffen voor plantaardig en dierlijk leven. Men heeft gevonden dat deze opstromingsverschijnselen geconcentreerd zijn in een viertal gebieden, die nagenoeg een vaste plaats hebben. Men kan zich voorstellen dat de invloed van de bodemtopografie daarop erg groot is.

Een bijzonderheid is nog het volgende. Zoals gezegd neemt het zoutgehalte van het oppervlaktewater naar het noorden enigszins toe. Dit is niet het geval bij het water op grotere diepte. Gevolg is dat het opstromende water in het zuidelijkste opstromingsgebied, op ca. 30° zuiderbreedte voor de kust van Chili gelegen, zouter is dan het oppervlaktewater. Naarmate men noordelijker

Fig. 2. De zuidoostelijke Grote Oceaan met daarin, schematisch aangegeven, de Perustroom en de Zuid-equatoriale stroom. Ten noorden van deze laatste gaat de Equatoriale tegenstroom oostwaarts. De opstromingsverschijnselen langs de kust van Zuid-Amerika zijn in plaats en in tijd veranderlijk, doch zijn gemiddeld geconcentreerd in de gearceerde gebieden.



komt wordt dit onderscheid minder en verandert zelfs van teken, zodat in het noordelijkste opstromingsgebied, op ca. 7-8° zuiderbreedte, voor het noordelijke deel van Peru, water omhoog komt dat minder zout is dan het omringende water. Deze opstromingsverschijnselen spelen zich af in een smalle strook langs de kust, in dat deel van de stroom dat we de Peru-(kust)stroom hebben genoemd.

De opstromingsgebieden kunnen worden beschouwd als een soort wervelingen, die meer of minder goed ontwikkeld zijn; zij voeren het koude opstromingswater zeewaarts en het betrekkelijk warme water van verder weg op zee brengen zij naar de kust toe. Dit leidt tot het vaak afwisselend voorkomen van tongen van warm en van kouder water ter plaatse.

De opstroming in deze gebieden is het best ontwikkeld gedurende de zuidelijke winter. Tussen juni en september breidt het verschijnsel zich uit tot wel 300 km uit de kust. Daarna wordt de opstroming zwakker, en de breedte van de koudwater-gordel vermindert tot nauwelijks 70 km. De ansjovis bevindt zich daarin, en die is dan dus ook in een smalle gordel geconcentreerd, hetgeen kan leiden tot zeer succesvolle vangsten.

Rampzalige El Niño

Een geheel ander verschijnsel speelt zich periodiek iets noordelijker af. De Equatoriale tegenstroom komt ongeveer op de equator vanuit het westen, zoals we reeds zagen. In de zuidelijke zomer, januari tot februari, komt deze stroom langs de kust wat meer naar het zuiden. Deze situatie keert elk jaar terug. Het aangevoerde warme water met betrekkelijk *laag* zoutgehalte dringt zich daarbij tussen de kust en het water van de Peru-kuststroom. Gewoonlijk is dit merkbaar tot enige graden zuiderbreedte. Omdat het verschijnsel betrekkelijk kort na Kerstmis inzet, spreekt men van El Niño, het (Kerst)kind. Op grotere schaal dan normaal treedt vissterfte op in het water, vaak veroorzaakt door de zeer snelle groei van plankton, dat daarna afsterft.

In bepaalde jaren echter blijkt deze El Niño zich veel verder langs de kust naar het zuiden voort te zetten, tot 12° zuiderbreedte of nog verder. Dit hangt samen met een verzwakking van de koude Perustroom, terwijl de aanvoer van warmer water juist groter is dan anders. Dit water beweegt zich langs de Zuidamerikaanse kust als een tong van ongeveer dertig meter dik en ongeveer dertig tot vijf-en-dertig kilometer breed. Voor de Peruaanse kust stijgt daardoor de temperatuur van het zeewater vrij plotseling, vaak een tiental graden, over een aanzienlijk gebied. In deze situaties zijn de gevolgen min of meer rampzalig. Door het verminderde aanbod van voedingszouten in het water treedt massale sterfte van plankton, vis en vogels op, die resulteert in het vrijkomen van enorme hoeveelheden zwavelwaterstof in de lucht.

Tot overmaat van ramp beperkt het El Niño-verschijnsel zich niet tot de zee alleen. Het dag-nacht-effekt, dat een afwisseling van overdag zeewind en 's nachts landwind tot gevolg heeft, legt in normale tijden nauwelijks enig gewicht in de schaal ten opzichte van de overheersende zuidoostpassaat. Nu wil het echter voorkomen dat deze passaatwind tijdelijk wordt vervangen door noordwestelijke winden, die ter plaatse over het dan warmere kustwater lucht met veel waterdamp meevoeren. Dit komt doordat de tropische regenzone zich aldaar nu relatief ver naar het zuiden heeft verplaatst, waardoor de noordoostpassaat over de equator heenkomt en ombuigt tot een noordwestelijke wind. Enorme tropische buien treffen de kuststrook van Peru, waar het leven geheel is ingesteld op het uitgesproken woestijnklimaat dat men daar heeft. De ragfijne weermachinerie is ter plaatse geheel verstoord geraakt. Voor plant en dier zijn de gevolgen rampzalig, echter ook voor de mens. Huizen en gronden hebben veel te lijden en van de toch al schamele landbouw blijft vaak niet veel over. Slechts gras en onkruid schieten nu ineens overal weelderig op, om later weer te verdrogen: alleen de geiten hebben daar enige tijd voordeel van. Onnodig te zeggen dat niet alleen voor de vissers doch voor de gehele bevolking in de Peruaanse kuststrook El Niño in zijn ergste vorm rampzalig is. Zie het citaat in het begin van dit artikel; er zijn nog veel meer uitvoerige beschrijvingen van de ernstige gevolgen veroorzaakt door El Niño.

Regelmatig optreden

El Niño treedt wel jaarlijks op, maar gelukkig niet altijd met dezelfde hevigheid. Hoe komt dat? H. P. Berlage (1896-1968) heeft er reeds op gewezen dat er een samenhang is aan te wijzen tussen de zeewatertemperatuur bij Peru en de luchtdruk te Djakarta. Maar de zaak is ingewikkelder dan alleen maar dat. Er treedt op 'globale' schaal een verandering op in het circulatiepatroon in de atmosfeer, die op zijn beurt weer samenhangt met veranderingen in de zonnestraling, speciaal de hoeveelheid ultraviolet licht. Berlage heeft het verband nagegaan tussen de zgn. 'zuidelijke schommeling' en de zonnevlekkencyclus sedert 1807. Hij vond empirisch dat als het zonnevlekkengetal daalt beneden 13 er een ernstige El Niño optreedt, gevolgd door een serie van 7-jaarlijkse herhalingen. Daalt dit getal wederom een keer beneden 13, dan begint een nieuwe zevenjarige cyclus. En dan nog treedt er van tijd tot tijd een verandering in het patroon op. Op deze wijze is dan de reeks van hevige El Niño's min of meer plausibel te maken:
1891, 1911, 1918, 1925, 1930, 1932, 1939, 1941, 1943, 1951, 1953, 1957, 1965, 1972.

Onderzoek gewenst

Natuurlijk wil men graag meer weten over de achtergronden van het El Niño-verschijnsel. Immers pas indien men de zaak begrijpt, is er daarna wellicht een mogelijkheid om verantwoorde waarschuwingen op te stellen. En met dit laatste zal men in Peru zeker gediend zijn. De nationale economie drijft daar immers voor een groot deel op de visvangst!

Een jaar of tien geleden is een aantal onderzoekers uit de U.S.A. begonnen met een uitgebreid onderzoek, namelijk: het North Pacific Experiment (NORPAX). Doel is het onderzoek van processen die grootschalig zijn in tijd en in ruimte (maanden tot jaren, en gebieden groter dan 1000 km) en om weers- en klimaatveranderingen te leren

begrijpen. Eerder had in 1967-1968 de Amerikaanse 'Eastropac'-expeditie plaatsgevonden (*Eas*tern *Tro*pical *Pac*ific Ocean). Ook de Zuidamerikaanse landen hebben niet stilgezeten. Zij vonden alle ook het El Niño-verschijnsel op hun weg. De volgende betrekkingen konden worden vastgesteld.

Om te beginnen is er een verband met de zuidelijke schommeling. Het werk van Berlage voortzettend vond men dat deze schommeling kan worden gevonden uit het verschil in luchtdruk op het Paaseiland (zuid-pacifisch subtropisch maximum) en in Darwin, Australië (Indonesisch equatoriaal minimum). Een bijzonder hoge piek in dit verschil blijkt steeds ongeveer één jaar vóór een hevige El Niño op te treden. Vervolgens blijkt dat El Niño steeds wordt voorafgegaan door een sterke passaat gedurende meer dan een jaar over de centrale equatoriale Grote Oceaan. Daarentegen behoeven de winden bij Peru niet noodzakelijkerwijze zwak te zijn gedurende El Niño, zoals vroeger vaak is gedacht. Tenslotte is aangetoond dat extra warm water bij Centraal Amerika samenhangt met een vergroot transport van de Noord-equatoriale tegenstroom, en dat beide optreden tijdens El Niño, doch niet ervoor.

Met deze grondgedachte voorhanden en een deugdelijk apparaat om de veelheid aan meetgegevens die ter beschikking staan te verwerken (computers en een aantal enthousiaste onderzoekers), is men er in geslaagd meer greep op deze zaak te krijgen. Zo vond men achteraf dat de eerste tekenen die op de El Niño van 1972 gingen duiden, zich reeds in maart 1971 voordeden. Concreet kon men in oktober 1974 de verwachting uitspreken dat begin 1975 een zwakke El Niño zou optreden.

Men heeft zelfs binnen korte tijd kans gezien om van februari tot mei 1975 een onderzoekingsschip ter beschikking te krijgen om voor de Peruaanse kust waarnemingen te verrichten. Daarmee kon bovenstaande verwachting worden getoetst. Het waarnemingsmateriaal is uitvoerig en overzichtelijk gerangschikt weergegeven in de 'El Niño watch atlas'. Natuurlijk was daarmee nog niet het hele onderzoek afgesloten; slechts is er een hoopvol begin gemaakt. Voortgezet onderzoek zal hopelijk leiden tot een beter begrip van de achtergronden van het El Niño verschijnsel. Dan zal een belangrijke stap zijn gezet op de weg naar meer kennis omtrent de wisselwerking tussen lucht en zee.

Ooggetuige

'. . . Een laag hangende dichte wolkenlucht, erg warm, hoge vochtigheid en een olie-vlakke zee – zo begon het. De temperatuur veranderde maar weinig gedurende de loop van dag en nacht. Alles wat we bezaten begon te schimmelen. De regen viel wekenlang in ongekende stortbuien, maar voornamelijk 's nachts, zelden overdag. Als het donker geworden was begon de zee overal langs de kust op te lichten door fosforescentie. Overdag was hij bedekt met plekken die er als bloed uitzagen en die duizenden vierkante meters groot waren, veroorzaakt door kleine organismen – ik weet niet of ze dierlijk of plantaardig waren . . .'

Uit een brief die S. M. Scott in April 1925 in Florence schreef, naar aanleiding van de ernstige El Niño in dat jaar, over zijn herinnering aan soortgelijke gebeurtenissen in 1891.

Invloed van de mens?

De visserij bij Peru is sterk op economisch wetenschappelijke leest geschoeid. Enige jaren geleden werd de vissersvloot beschouwd als de grootste ter wereld. Sinds de ernstige oceanografische gebeurtenissen van 1972 is daar verandering in gekomen. En de grote moeilijkheid is dat er tot nu toe geen herstel kan worden gevonden. Door sommigen wordt El Niño als de oorzaak daarvan aangewezen. Anderen echter vragen zich af of door deze planmatige visserij misschien alle marges zijn verbruikt, zodat de natuur de veerkracht niet meer bezit om na een forse El Niño zijn evenwicht te hervinden.

Geraadpleegde literatuur:

1. Sverdrup, H.U., M. W. Johnson en R. H. Fleming, 1946, *The oceans, their physics, chemistry and general biology.*
2. Defant, A., 1961, *Physical oceanography.*
3. Fairbridge, R. W., ed. 1966, *The encyclopedia of oceanography.*
4. Murphy, R. C., 1926, *Oceanic and climatic phenomena along the west coast of South America during 1925,* Geogr. Rev. *16,* 26-54.
5. Wyrtki, K., et al, 1976, *Predicting and observing El Niño,* Science, 191, 343-346.
6. Anon., 1974, *'Golfstroom met vreemd gedrag',* in: 'Internationale samenwerking', een periodieke uitgave van het ministerie van ontwikkelingssamenwerking, 22 februari 1974.
7. Anon., 1961, *Peru-current, Pilot chart of the Pacific ocean,* uitgave van het U.S. Hydrographic Office, April 1961.
8. Rachel, L. Carson, 1963, *De Wereldzee,* Salamander 136.
9. Rebeyrol, Yvonne, 1973, *'Le phenomene Niño',* Le Monde, 7 mars.
10. Hurlburt, H. E., J. C. Kindle & J. J. O'Brien, 1976, *A numerical simulation of the onset of El Niño,* Journal Physical Oceanogr. *6,* 621-631.
11. McCreary, J., 1976, *Eastern tropical ocean response to changing wind systems: with application to El Niño,* Journal Physical Oceanogr. *6,* 632-645.
12. W. C. Patzert e.a., 1978, *El Niño watch atlas,* Uitgave van het Scripps Institute of Oceanography.

Klimatologische gegevens van maart (De Bilt)

Jaar	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	normaal	hoogst	jaar	laagst	jaar	sedert
T	3,0	2,7	6,2	5,3	5,6	4,7	3,0	7,1	6,6	4,7	5,0	8,4	1957	–2,3	1845	1735
RR	59	49	35	21	63	73	31	42	81	98	45	139	1914	7	1929	1849
S	104	104	178	141	106	70	157	130	86	102	127	202	1931	63	1966	1899

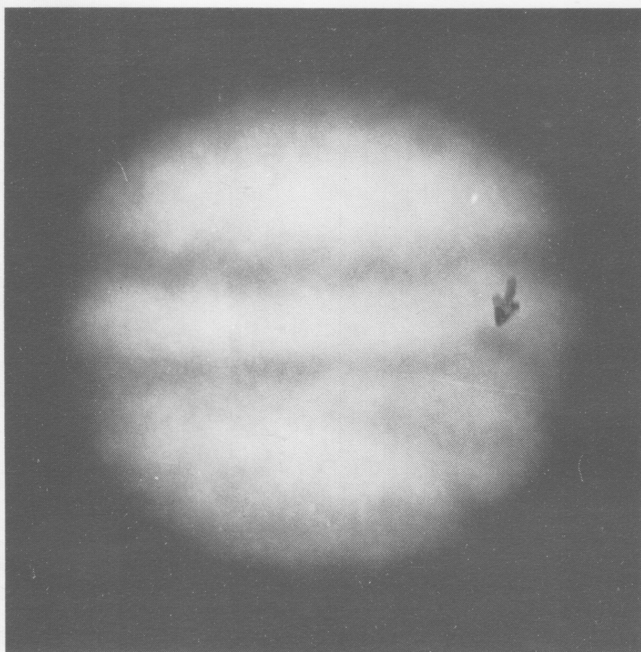
T = gemiddelde temperatuur in °C.
RR = hoeveelheid neerslag in millimeters.
S = hoeveelheid zonneschijn in uren.
normaal = gemiddelde over het tijdvak 1931 t/m 1960.
(alle getallen gelden voor het tijdvak 0 tot 24 uur).

Jupiterwaarnemingen

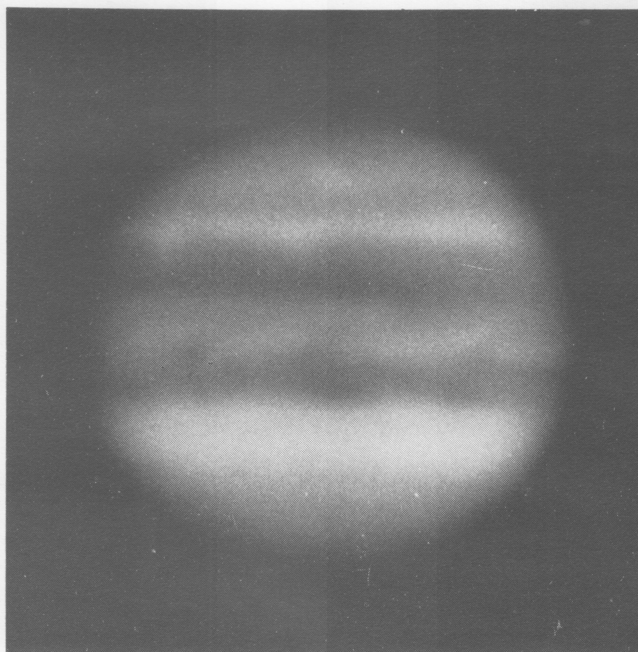
Al heeft de Voyager-1 ons nu de allerbeste opnamen van de planeet Jupiter voorgeschoteld, amateurs zullen de reuzenplaneet met bescheidener hulpmiddelen vanaf de aarde blijven waarnemen. Hierbij een selectie van zulke waarnemingen. Fig. 1 toont de planeet zoals hij werd gefotografeerd op 17 december 1978 om 00^h57^m (UT) door Martens Medard. Hij gebruikte zijn 10-cm f/15 refractor en belichtte 6 seconden op CTri-X-Pan 27 DIN film. Het pijltje wijst naar de schaduw van het maantje Io op de planeet. Fig. 2 toont Jupiter zoals die werd gefotografeerd op 15 januari 1979 om 23^h (UT) door Dany Cardoen. Hij gebruikte zijn 406-mm f/5 reflector en belichtte 1 seconde op SO 115 film. Fig. 3 tenslotte is een opname van 23 maart 1979 om 21^h30^m (UT), gemaakt door Ludwig Logie. Hij gebruikte een 20-cm f/6 reflector en belichtte 4 seconden op eveneens SO 115 film van Kodak.

Robert Wielinga maakte een tekening van de Rode Vlek op 23 maart 1979 om 20^h40^m (MET). Er werd gebruik gemaakt van de 26-cm refractor van de Utrechtse sterrenwacht. De weersomstandigheden waren redelijk goed en er werd 210 maal vergroot. De erg heldere tint van de vlek was zeer opvallend. Vlak naast en ten zuiden (boven) de Rode Vlek waren twee witte vlekken te zien.

Ook dit jaar houdt de Jongerenwerkgroep weer een *'Jupiteraktie'*. Amateurs die hieraan willen meewerken kunnen hun waarnemingen sturen aan: Robert Wielinga, Rhijnvis Feithstraat 18bis, 3532 GP Utrecht. Alle deelnemers ontvangen t.z.t. een verslag met de resultaten van de waarnemingsactie.

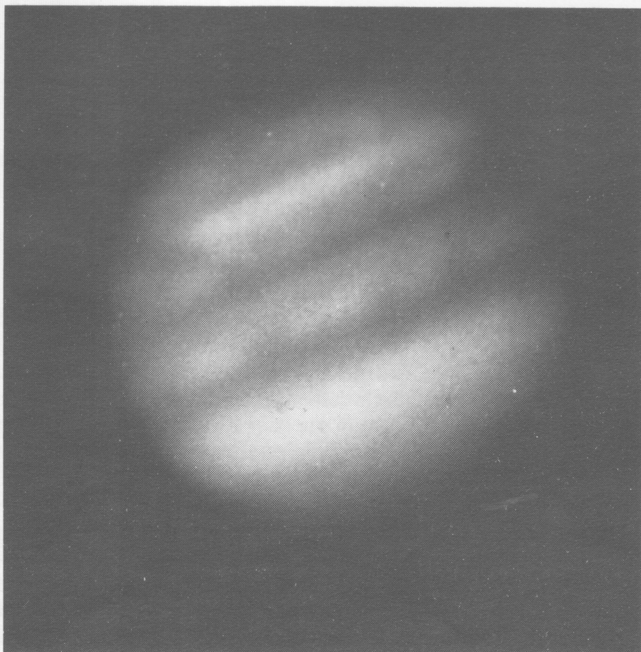


Figuur 1

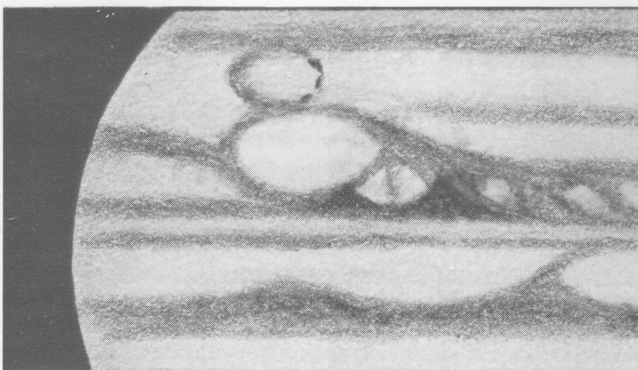


Figuur 2

Figuur 3



Figuur 4



C. FLOOR

Luchtspiegelingen boven warme oppervlakken

Wanneer boven vlakke terreinen de temperatuur hoger is dan die van de lucht op ooghoogte, kunnen vaak luchtspiegelingen worden waargenomen. Nu eens zien we ver verwijderde gebouwen, bomen, schepen, bergen etc. boven de kim zweven (fig. 3), dan weer lijkt het dat wegen of zandstranden in de verte onder water staan (fig. 1). Veel mensen denken bij luchtspiegelingen aan de woestijn; daar is het verschijnsel vaak duidelijk waarneembaar. De zon warmt de uitgestrekte zandvlakten gemakkelijk op; bovendien is het water, waarvan de luchtspiegeling het bestaan suggereert (zie fig. 2), in die streken meestal zeer welkom. Maar ook in ons land wordt aan de voorwaarden voor een luchtspiegeling dikwijls voldaan. Luchtspiegelingen kan men vaak zien boven asfalt- en betonwegen, boven spoorbanen, boven de warme oppervlakken van Noordzee, Waddenzee, IJsselmeer of Friese meren, boven stranden en zandplaten, boven de korenvelden van de IJsselmeerpolders, boven uitgestrekte weiden en boven rechte zeeweringen met basaltblokken of asfalt.



Fig. 1. Luchtspiegeling boven Laan van Weltevreden te De Bilt; de weg lijkt in de verte met plassen water bedekt. Van de auto linksachter zien we een groot deel gespiegeld. Van het dak zien we echter alleen een direkt beeld; het ligt boven de grenslijn. Het punt waar de banden de weg raken is niet zichbaar; het ligt onder de verdwijnlijn. De fietser met aanhangwagen bevindt zich dichterbij; een gespiegeld beeld wordt alleen nog gevormd van het onderste gedeelte van de wielen. De grenslijn ligt op die kleinere afstand dus lager (f = 2000 mm).

Luchtspiegelingen boven warme oppervlakken kunnen we het best waarnemen met een verrekijker. We beschrijven ze met behulp van een verdwijnlijn (v) en een grenslijn (g). In fig. 2, 3 en 4 lopen deze lijnen horizontaal op de naast de fig. aangegeven hoogte. De *verdwijnlijn* is de grens tussen het direkte beeld dat we van een voorwerp waarnemen en het gespiegelde beeld dat er meteen onder aan vast zit. Uitstulpingen naar boven van het direkte beeld van een voorwerp komen overeen met uitstulpingen naar beneden van het gespiegelde beeld onder de verdwijnlijn (zie fig. 3). Het gedeelte van het voorwerp dat zich onder de verdwijnlijn bevindt kunnen we niet waarnemen (bijvoorbeeld het punt waar de banden van de auto de weg raken in fig. 1). Dikwijls is niet alles wat van het voorwerp boven de verdwijnlijn uitsteekt gespiegeld te zien. De *grenslijn* verbindt dan de punten waarvan het spiegelbeeld nog net zichtbaar is. Van punten boven de grenslijn zien we alleen een direkt beeld. Het dak van de linker auto in fig. 1 bijvoorbeeld bevindt zich geheel boven de grenslijn. Het gedeelte van de hemel (fig. 2, 3 en 4) of de achtergrond (fig. 1) dat zich tussen de verdwijnlijn en de grenslijn bevindt, is eveneens gespiegeld zichtbaar onder de verdwijnlijn.

Omdat we niet gewend zijn de lucht ook onder de horizon te zien vatten we dat op, vooral boven zand of asfalt, als weerspiegeling van de lucht in een wateroppervlak. Als de objekten die we gespiegeld waarnemen zich op grote afstand bevinden en bovendien de grenslijn zich op enige afstand boven de objekten of de meest markante onderdelen bevindt, zien we deze zweven boven de kim (vergelijk hiervoor fig. 3 en fig. 4).

Meteorologische omstandigheden

Voorwaarde voor het ontstaan van de luchtspiegelingen is de aanwezigheid van een relatief warm oppervlak waarboven zich heldere lucht bevindt. De zonnestraling zorgt bij zonnig weer voor de noodzakelijke opwarming van het landoppervlak waarboven de luchtspiegelingen zichtbaar zijn. Boven water ontstaat een temperatuurverschil tussen het wateroppervlak en de lucht erboven bij aanvoer van koude droge lucht na een voorafgaande warmere periode. De lucht mag niet te vochtig zijn, omdat anders nevel gevormd wordt. Hierdoor neemt het zicht sterk af en kunnen verre voorwerpen (en hun spiegelbeelden) niet meer worden waargenomen. De temperatuur van de lucht wordt vooral in het allleronderste laagje door het warme oppervlak beïnvloed; op ooghoogte is er meestal weinig meer van te merken. Niet alleen de temperatuur, maar ok het temperatuurverval is gewoonlijk het grootst nabij het aardoppervlak; beide nemen ze af met toenemende hoogte. Fig. 5a geeft zo'n temperatuurprofiel. Bij een dergelijke opbouw van de onderste laag treden gemakkelijk wervels op die de beeldkwaliteit sterk kunnen verminderen. Een aantal foto's illustreert dat duidelijk.



Fig. 2. Luchtspiegeling boven de zoutvlakte van Chott el Djerid (Zuid-Tunesië), 18 juli 1978. Een hoger gelegen deel van het landschap in de verte bevindt zich boven de verdwijnlijn. Het is alsof er een eiland ligt te midden van een hoeveelheid water (f = 500 mm) (foto: Jaap Vreeling).



Fig. 3. Luchtspiegelingen boven de Waddenzee, Schiermonnikoog, 29 maart 1977. De kust lijkt te zweven boven de kim (k). De grenslijn (g) bevindt zich boven de objekten aan de wal (behalve de spits van de kerktoren). De verdwijnlijn (v) ligt zodanig dat uitstulpingen naar boven overeenkomen met uitstulpingen naar beneden (Kleinbeeldopname; brandpuntsafstand objektief f = 1250 mm).



Fig. 4. Schiermonnikoog vanaf de veerboot, 29 mei 1978. De grenslijn (g) loopt door de begroeiing van de Kobbeduinen heen. De grenslijn loopt niet hoog genoeg om het eiland te laten zweven boven de kim (k). (f = 2500 mm).

Gang van de lichtstralen

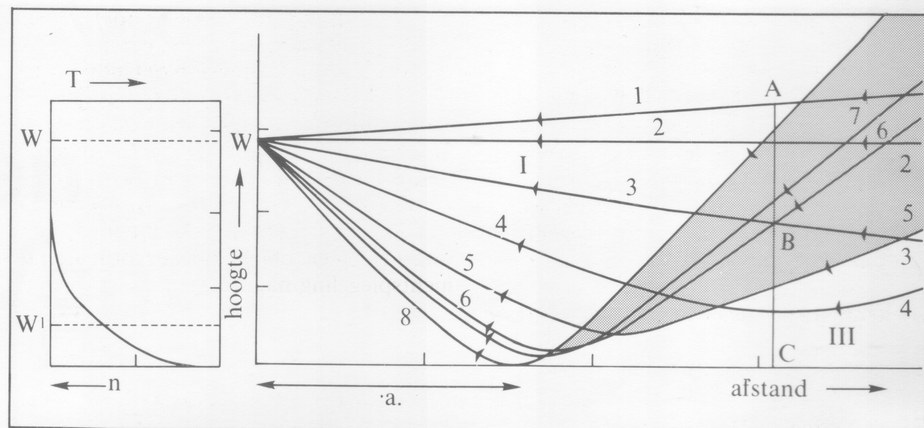
Om de gang van de lichtstralen te kunnen vinden moeten we gegevens hebben over de *brekingsindex* van de lucht op verschillende hoogten. Deze hangt af van de dichtheid van de lucht en van de hoeveelheid waterdamp die de lucht bevat. De invloed van de waterdamp is echter zo gering dat we deze mogen verwaarlozen. De dichtheid hangt af van de temperatuur en de luchtdruk. In de onderste meters van de atmosfeer, waarin de bij de vorming van luchtspiegelingen betrokken lichtstralen zich voortplanten, zijn de luchtdrukverschillen zo klein dat we ook de invloed van de luchtdruk mogen verwaarlozen. Alleen de temperatuur van de lucht bepaalt daardoor de dichtheid en dus ook de brekingsindex. Bij hoge temperaturen is de brekingsindex kleiner dan bij lage. Vlak boven een warm aardoppervlak is de brekingsindex kleiner dan op ooghoogte; de vorm van het profiel komt overeen met de vorm van het temperatuurprofiel (zie fig. 5a). Lichtstralen volgen in zo'n geval gekromde banen.

In fig. 5b is aangegeven langs welke weg het licht dat het oog van een waarnemer in W bereikt, zich heeft voortgeplant. In de figuur kunnen we drie gebieden aangeven. Gebied II (grijs) onderscheidt zich van beide andere gebieden doordat lichtstralen die naar W gaan elkaar daar snijden.

Voor lichtstralen afkomstig van een voorwerp uit dat gebied (bijvoorbeeld B) zijn er twee mogelijkheden om het oog van de waarnemer te bereiken (nl. volgens lichtstraal 3 en lichtstraal 6). W ziet dus twee beelden van B in verschillende richtingen. Het bovenste beeld staat rechtop, omdat lichtstraal 3 min of meer rechtlijnig van B naar W loopt. Het onderste beeld is omgekeerd, omdat dat lichtstraal 6 als het ware weerspiegeld wordt tegen de warme luchtlaag nabij het aardoppervlak. B vormt voor W dus een onderdeel van een luchtspiegeling en ligt daarbij tussen de grenslijn en de verdwijnlijn. Lichtstralen afkomstig van een voorwerp uit gebied I (bijvoorbeeld A) kunnen zich maar op één manier voortplanten naar het oog van de waarnemer (namelijk volgens lichtstraal 1). W ziet van A alleen een direkt beeld; A ligt boven de grenslijn. Er zijn geen lichtstralen uit gebied III (bijvoorbeeld uit C) die W kunnen bereiken. W kan C dus niet zien; C ligt onder de verdwijnlijn. Voor punten in het grijze gebied vlak boven de verdwijnlijn gaat het bovenstaande niet helemaal op; daar kunnen meerdere gespiegelde beelden ontstaan. Deze zijn vervormd en vertikaal uitgerekt (zie bijvoorbeeld het beeld van de koplampen van de trein op de voorplaat).

»

Fig. 5. a. Verloop van de temperatuur T en de brekingsindex n van de lucht met de hoogte boven een warm oppervlak.
b. Gang van de lichtstralen door een luchtlaag met een temperatuurprofiel als in fig. 5a die grenst aan het aardoppervlak. De lijnen stellen lichtstralen voor. Het licht plant zich voort in de richting van de pijlen naar het oog van een waarnemer in W. Het licht afkomstig van een punt in het grijze gebied (bijvoorbeeld B) kan W op twee manieren bereiken (NB: vertikale afstanden zijn in de figuur veel groter getekend dan horizontale).



Faktoren van invloed op de luchtspiegeling

In fig. 6 zien we de drie gebieden uit fig. 5b nogmaals aangegeven. Tussen gebied I en II loopt de grenslijn. Een punt op deze lijn ziet W op de grenslijn van een luchtspiegeling. De verdwijnlijn vormt de grens tussen gebied II en III; W ziet een punt op deze lijn op de verdwijnlijn van een luchtspiegeling. De figuur is op te vatten als een vertikale doorsnede door de onderste laag van de atmosfeer, waarin het grijze gebied de plaatsen aangeeft van objekten (of gedeelten daarvan) die we gespiegeld zien. Een waarnemer moet zich minstens op afstand a van een objekt bevinden om dat gespiegeld te kunnen zien (bij gegeven waarnemingshoogte en gegeven temperatuurprofiel). Hoe groter de *afstand tussen waarnemer en objekt,* des te hoger ligt de verdwijnlijn. Bij toenemende afstand komt tevens de grenslijn hoger te liggen (zie ook fig. 1). We zullen een objekt daardoor eerder geheel vrij van de 'ondergrond' zien zweven, zoals in figuur 3.

In figuur 6 bevond W zich boven de warme laag waarin de lichtstralen gekromd zijn. We kunnen een dergelijk diagram maken voor een *lager* gelegen *waarnemingspunt* W'; het geeft ons informatie over wat we zien als we ons bukken. Figuur 7 is zo'n diagram op dezelfde schaal als fig. 6 en bij hetzelfde temperatuurprofiel (fig. 5a). Vergelijking van de diagrammen levert het volgende op:

1. De minimale afstand a waarop luchtspiegelingen zichtbaar zijn is kleiner. Door te bukken kunnen we dus soms luchtspiegelingen zien die op stahoogte niet zichtbaar zijn. (Een voorbeeld geeft fig. 2 van lit. 4);
2. De verdwijnlijn loopt steiler omhoog. Objekten zullen zich bij bukken dus eerder onder de verdwijnlijn bevinden en onzichtbaar zijn dan op stahoogte;
3. De grenslijn loopt steiler omhoog. Objekten zullen zich bij bukken dus eerder geheel onder de grenslijn bevinden en gaan zweven.

Bij het ontstaan van luchtspiegelingen speelt naast de afstand tussen waarnemer en objekt en de waarnemingshoogte, ook het *temperatuurverschil* tussen het aardopper-

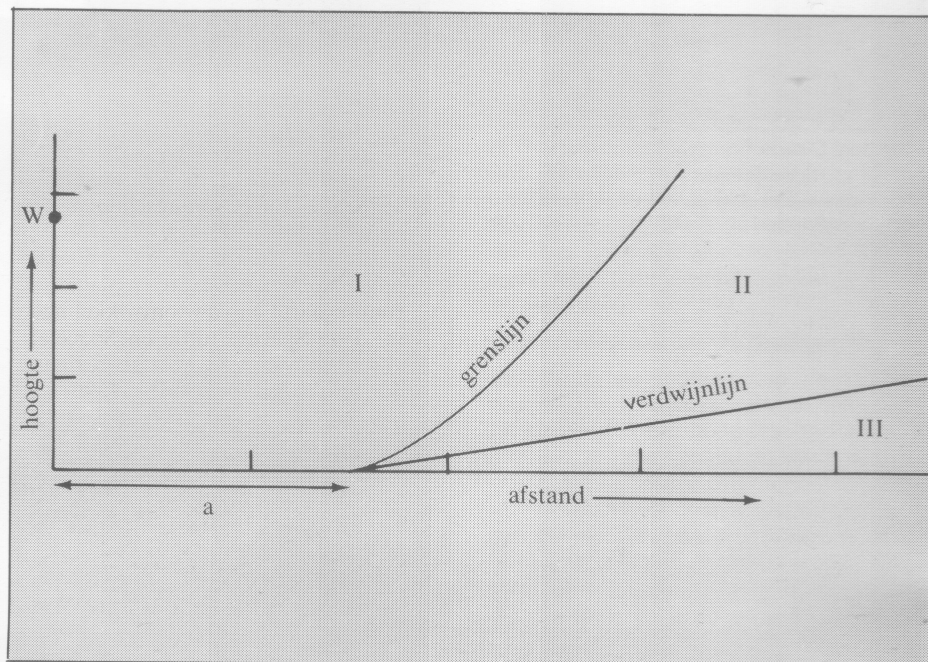


Fig. .6. Vertikale doorsnede door een luchtlaag met een temperatuurprofiel als fig. 5a, die grenst aan het aardoppervlak. De schaal is gelijk aan die van fig. 5b. Voor een waarnemer in W boven de warme laag bevinden objekten in I zich boven de grenslijn; objekten in gebied III bevinden zich onder de grenslijn. Van objekten in gebied II ziet W een rechtopstaand beeld boven de verdwijnlijn en een omgekeerd beeld daaronder. (NB: vertikale afstanden zijn in de figuur veel groter getekend dan horizontale).

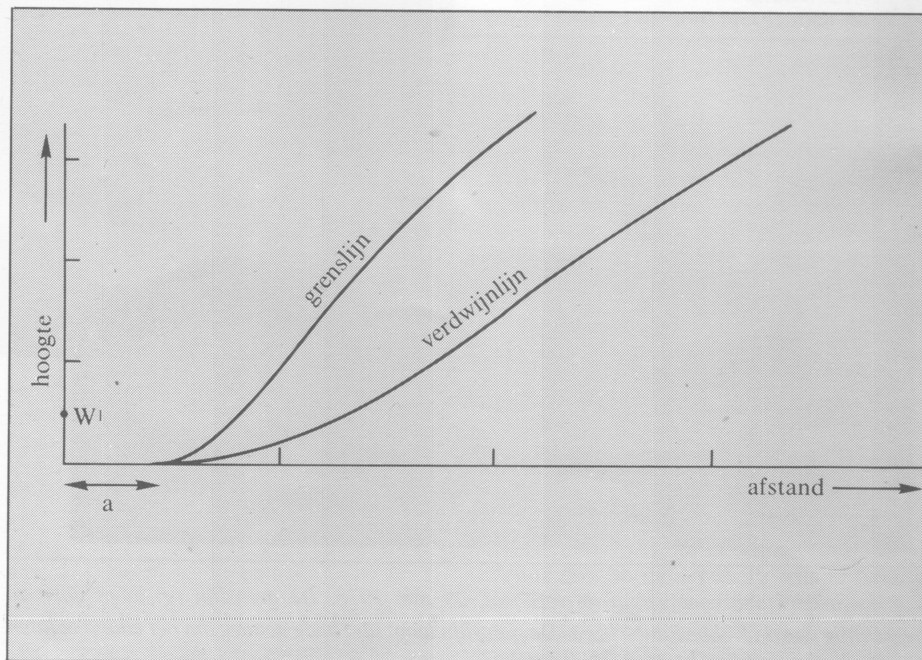


Fig. 7. Dezelfde doorsnede als in fig. 6. Nu bevindt waarnemer W zich echter in de warme laag.

vlak en de lucht op ooghoogte een rol. Een groter temperatuurverschil betekent een sterkere kromming van de lichtstralen. De vorm van de figuren 6 en 7 blijft dezelfde, maar de horizontale afstanden worden kleiner. In een figuur op dezelfde schaal lopen de grenslijn en verdwijnlijn steiler. Ook de minimale afstand waarnemer-objekt wordt kleiner, zodat er eerder luchtspiegelingen worden waargenomen.

Omkeerbare stralengang

De stralengang van licht is omkeerbaar. Als we de pijltjes omdraaien geeft fig. 5b aan hoe lichtstralen, afkomstig van een punt W, zich voortplanten door de onderste laag van de atmosfeer. Een waarnemer in gebied I (bijvoorbeeld in A) ontvangt slechts één lichtstraal uit W (nl. lichtstraal 1); voor hem bevindt W zich boven de grenslijn. Het licht uit W kan zich op twee manieren voortplanten naar een waarnemer in gebied II (bijvoorbeeld in B). B ziet dan ook twee beelden van W: een direkt recht opstaand beeld (volgens lichtstraal 3) en één omgekeerd, gespiegeld beeld (volgens lichtstraal 6). Voor B ligt W tussen de grenslijn en de verdwijnlijn. Het licht uit W kan een waarnemer in gebied III (bijvoorbeeld in C) niet bereiken; voor C ligt W onder de grenslijn.
Fig. 6 en 7 kunnen dan ook als volgt geïnterpreteerd worden. Voor een waarnemer boven de grenslijn bevindt W zich boven de grenslijn. Voor een waarnemer onder de verdwijnlijn bevindt W zich onder de verdwijnlijn. Voor een waarnemer tussen de verdwijnlijn en de grenslijn bevindt W zich tussen de verdwijnlijn en de grenslijn. Een waarnemer die zich vlak boven de verdwijnlijn bevindt ziet een vervormd uitgerekt beeld van W. Met behulp van fig. 6 en fig. 7 kunnen we weer de invloed van bukken of van het vergroten van de afstand tussen waarnemer en objekt op de vorm van de luchtspiegeling nagaan.

Literatuur

1. M. Minnaert: *'Natuurkunde van 't vrije veld 1'*, Zutphen 1968, 42 e.v.
2. E. Khular, K. Thyagarajan en A. K. Ghatak: *'A note on mirage formation'*, Am J Phys 45, 90 (januari 1977).
3. A. B. Fraser en W. H. Mach: *'Mirages'*, Scientific American 234 (1), 102 (januari 1976).
4. C. Floor: *'Luchtspiegelingen boven de Waddenzee'*, Zenit 4, 305 (september 1977).

Boekbespreking

Piet Smolders, *Ruimtevaart '79*, Grote Alken No. 721, Alkmaar, 1978; 88 blz., ca. 90 afbeeldingen, *f* 9,90.

Dit boekje bevat de voornaamste gegevens en bijzonderheden over de belangrijkste ruimtevaartprojecten uit de periode van 1 juni 1977 tot 31 mei 1978. De stof is gerangschikt in een viertal hoofdstukken, die handelen over de bemande ruimtevaart, aardsatellieten, interplanetaire en planetaire ruimtevaart en de ontwikkelingen rond de Space Shuttle en Spacelab. Voorts zijn opgenomen een berichtje over het stopzetten van alle waarnemingen met Apollo-instrumenten op de maan en een chronologisch overzicht van de belangrijkste gebeurtenissen.
Het boekje is vlot leesbaar geschreven, terwijl een goede keus is gemaakt uit het beschikbare informatiemateriaal. Voor wie héél precies kijkt een enkele correctie: de AE (Astronomische Eenheid) is volgens de huidige gegevens 149.598.000 km (blz. 56, onderste regel). Een handig overzichtsboekje, dat van harte kan worden aanbevolen.

W. de Graaff

JANOS PAPP (Boedapest)

Amateursterrenkunde in Hongarije

Hongarije telt ongeveer 10 000 amateursterrenkundigen, aangesloten bij de Friendly Society of Hungarian Amateur Astronomers. **Deze organisatie geeft o.a. het blad** Fold es Eg **(Aarde en Hemel) uit, met artikelen op het gebied van sterrenkunde, geofysica en geologie. Evenals in Nederland en elders is het aantal 'actieve' amateurs veel geringer; voor hen zijn er ook nog andere periodieken. De telescoopbouw staat, vooral wat betreft het mechanische gedeelte, op een hoog niveau. Amateurs zijn niet in de gelegenheid commercieel gemaakte optiek te kopen, zodat zij voor een groot instrument altijd op zelfbouw zijn aangewezen.**

Ook in Hongarije heeft de amateursterrenkunde een lange geschiedenis achter de rug. In de afgelopen eeuwen werden er verscheidene kleine privé-sterrenwachten opgericht, maar deze hielden op te bestaan na de dood van hun oprichter. Een voorbeeld hiervan is de sterrenwacht die Gyula Fényi omstreeks 1880 te Kalocsa (midden Hongarije) oprichtte. Hier deed hij lange tijd met een 13-cm f/15 Merzrefractor waarnemingen van de zon in visueel licht en in het licht van de $H\alpha$ lijn van waterstof. Slechts enkele jaren later werd een andere privé-sterrenwacht opgericht door Jeno Gotthard, baron en sterrenkundeliefhebber. Gotthard's leermeester was Miklós Konkoly-Thege, die in 1871 zelf ook een sterrenwacht had opgericht (zie Zenit 1979, p. 6). Op Gotthard's sterrenwacht werden tussen 1890 en 1905 regelmatig waarnemingen gedaan met een 25-cm reflector en enkele groothoek-astrografen. Deze waarnemingen zijn voor astronomen die onderzoek willen verrichten aan o.a. langperiodieke veranderlijken ook nu nog van belang.

Urania-sterrenwacht

Een nieuw tijdperk voor de amateursterrenkunde brak kort na de Tweede Wereldoorlog aan, toen door het Ministerie van Cultuur in Boeda (een deel van Boedapest) de Urania-sterrenwacht werd opgericht. Deze fungeert thans als centrum voor alle amateuractiviteiten die betrekking hebben op het waarnemen en het populariseren van de sterrenkunde. De Urania-sterrenwacht is het centrum voor actieve amateurs en het coördinatiecentrum van andere volkssterrenwachten. De Urania-sterrenwacht heeft een kleine werkplaats voor optisch en mechanisch werk, enkele leslokalen, fotolaboratoria en een expositieruimte. Het hoofdinstrument is er een 20-cm refractor, waarvan de optiek door Merz werd vervaardigd en het mechanische deel door Gustav Heyde (Dresden).

De Urania-sterrenwacht werd gevolgd door circa 50 andere volkssterrenwachten, zodat nu vrijwel iedere grote en middelgrote stad in Hongarije zijn eigen volkssterrenwacht heeft. Gyorgy Kulin (de ontdekker van meer dan 80 planetoïden) was lange tijd de directeur van Urania-sterrenwacht. Hij trok zich terug in 1976, maar is nog steeds actief op het gebied van telescoopbouw en het slijpen van spiegels. Tijdens zijn directeurschap maakte hij honderden spiegels, die nu door waarnemers worden gebruikt.

De snelle toeneming van het aantal geïnteresseerden deed de wens ontstaan naar een Hongaarse amateurorganisatie, die tenslotte in 1964 werd opgericht. Het is de *Friendly Society of Hungarian Amateur Astronomers,* een nationale organisatie voor amateurs en andere geïnteresseerden waaronder ook 'schrijftafelamateurs'. De organisatie geeft sinds 1966 het blad *Fold es Eg* uit (Aarde en Hemel), met artikelen op het gebied van sterrenkunde, geofysica en geologie. De oplaag bedraagt circa 15 000 à 18 000 exemplaren; aanvankelijk verscheen het tweemaandelijks, sinds 1979 echter als maandblad.



Fig. 1. Leden van de Ujpesti Meteoor- en Astrofotografie Club tijdens een van hun wekelijkse bijeenkomsten (Ujpest is een nieuw deel van Boedapest). De leden van deze club hebben de beste prestaties geleverd op het gebied van het fotograferen van hemelobjecten (alle foto's van de auteur).

Het aantal leden van de organisatie bedraagt nu ongeveer 10 000 (op een totale bevolking van 10,6 miljoen), maar evenals in andere landen kan slechts een klein deel daarvan zich 'actief amateur' noemen. In Hongarije zijn er naar schatting een 20 000 kleine refractors (4 tot 6 cm opening) in gebruik. De meeste zijn gemaakt van bouwpaketten die voor een lage prijs bij de Urania-sterrenwacht zijn gekocht. Aangezien wij geen commercieel gemaakte optiek kunnen kopen of bestellen, moet iemand die een grote telescoop wil hebben deze zelf bouwen. Het bestellen bij Urania's optische winkel gaat moeilijker dan men zou denken. Ondanks deze moeilijkheden heeft de telescoopbouw in Hongarije een hoog peil bereikt, maar dit betreft hoofdzakelijk het

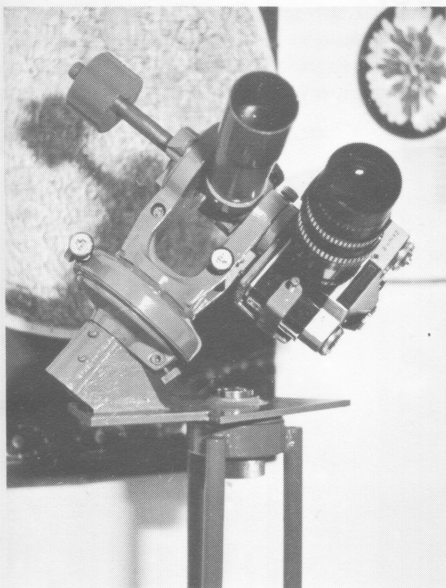


Fig. 2. De draagbare fotografische telescoop van Marton Csiba uit Dunaujvaros, een van de velen die hij tot nu toe heeft gemaakt. Het instrument heeft een theodoliet-opstelling, een kleine 5-cm volgkijker, LED-verlichte instelcirkels en adapters voor verschillende camera's en telelenzen. Het gewicht van het instrument (zonder driepoot) bedraagt ongeveer 6 kg.

Planetarium Boedapest

Een andere mogelijkheid voor het populariseren van de sterrenkunde wordt geboden door het nieuwe planetarium in het 'Volkspark' (Nepliget) zuidoostelijk van Pest (oostelijk Boedapest). Dit planetarium werd in 1977 officieel in gebruik genomen en heeft een universeelprojector die gemaakt werd door de Carl Zeiss Werke te Jena (DDR). De binnenkoepel heeft een diameter van 23 meter en biedt plaats aan 400 personen. De bezoekers bestaan uit algemeen belangstellenden en uit leerlingen van de circa 6000 scholen in Hongarije. Sommige speciale lessen worden gegeven in het Russisch, Duits, Tsjechisch, Pools, Roemeens, Engels en Frans. Men hoopt op een bezoekersaantal van 200 000 per jaar.

Vóór 1977 was er in Hongarije slechts één klein planetarium. Van 1962 tot 1968 bevond dit zich in Boedapest, waarna het verhuisde naar Pecs waar het ook nu nog in bedrijf is. Een derde (klein) planetarium bevindt zich in Kecskemet. Dat Boedapest nu een nieuw, groot planetarium heeft is voor een belangrijk deel te danken aan Gyorgy Kulin, voormalig directeur van de Urania-sterrenwacht, die zich o.a. heeft ingespannen voor het beschikbaar komen van de financiële middelen voor het planetarium.

(Gyula Schalk/foto G. W. E. Beekman)

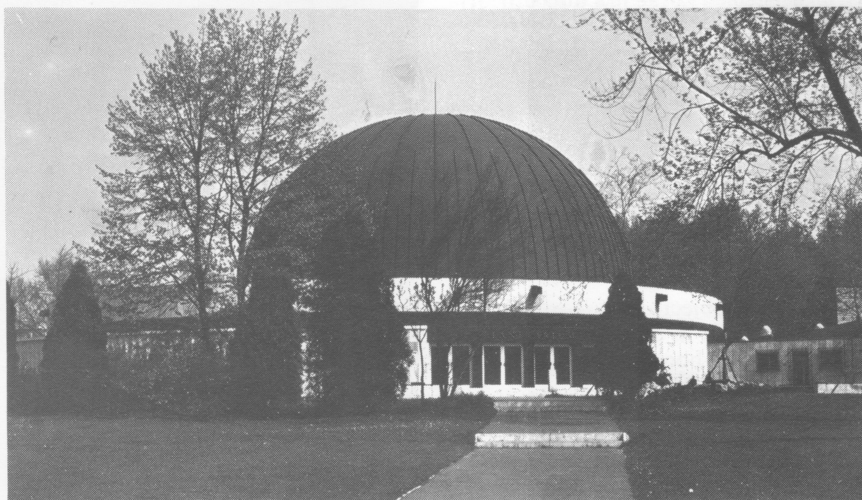


Fig. 3. Deze 26-cm Newton-Cassegrain telescoop werd gemaakt door Laszlo Farkas uit Boedapest. Het instrument is voorzien van een 8-cm (f = 120 cm) volgrefractor en een 10-cm f/6 richfield zoeker-refractor. De grote instelcirkels en het transistorgestuurde aandrijfsysteem vergemakkelijken het waarnemingswerk.



mechanische gedeelte en niet het optische. Hier blijft nog veel te verbeteren over!

Activiteiten

Voor de actieve leden van de 'Friendly Society' geeft de Urania-sterrenwacht het tweemaandelijkse blad *Meteor* uit, met artikelen en waarnemingsresultaten op alle actuele gebieden van telescoopbouw en waarnemen. Deze publicatiemogelijkheid zou voor de meeste amateurs echter niet voldoende zijn. Daarom werd in 1971 door Bela Szentmartoni te Kaposvar (een stadje in zuidoost Hongarije) de *Albireo Amateur Astronomie Club* opgericht, die het maandblad *Albireo* uitgeeft. De organisatie is de grootste plaatselijke amateurorganisatie in Hongarije. Het aantal leden bedraagt ongeveer 150, maar er zijn contacten met correspondenten uit vele andere landen. De leden doen waarnemingen aan talloze objecten: veranderlijke sterren, planeten, meteoren, kometen, dubbelsterren en deep-sky objecten. De waarnemingen worden gepubliceerd in 'Albireo', tezamen met waarnemingservaringen of vertalingen van publicaties uit buitenlandse tijdschriften die voor onze waarnemers van belang kunnen zijn.

De schrijver van dit artikel is mederedacteur van het blad en mede-directeur (met Bela Szentmartoni) van de organisatie.

Daarnaast zijn er in Hongarije vele periodieken voor speciale actuele zaken die voor de waarnemende amateurs van belang zijn. Bijvoorbeeld *Algol* voor waarnemers van eclipsveranderlijken, het *ZHR-Bulletin* voor meteoorwaarnemers, *TAU* voor telescoopbouwers, of *Comet Journal* voor komeetwaarnemers. De meeste van deze publicaties maken gebruik van de gegevens die door de Albireo-leden zijn verzameld en lijken een soort subtijdschriften van Albireo te zijn, waarin waarnemingen meer gedetailleerd kunnen worden gepubliceerd dan in het 'moederblad'.

Ook in Hongarije worden vaak reizen georganiseerd naar plaatsen (in Oosteuropese landen) waar een bijzonder hemelverschijnsel kan worden waargenomen of instituut bezocht. Voorbeelden hiervan zijn de ringvormige zonsverduistering van 29 april 1976 te Stara Zagora in Bulgarije en de sterrenwacht in Tautenburg en de Carl Zeiss Werke in Jena (DDR) in 1978. Momenteel worden voorbereidingen getroffen voor de expeditie naar de totale zonsverduistering te Siberië op 31 juli 1981.

De hemel in juli, augustus en september

F. REIJMERINK

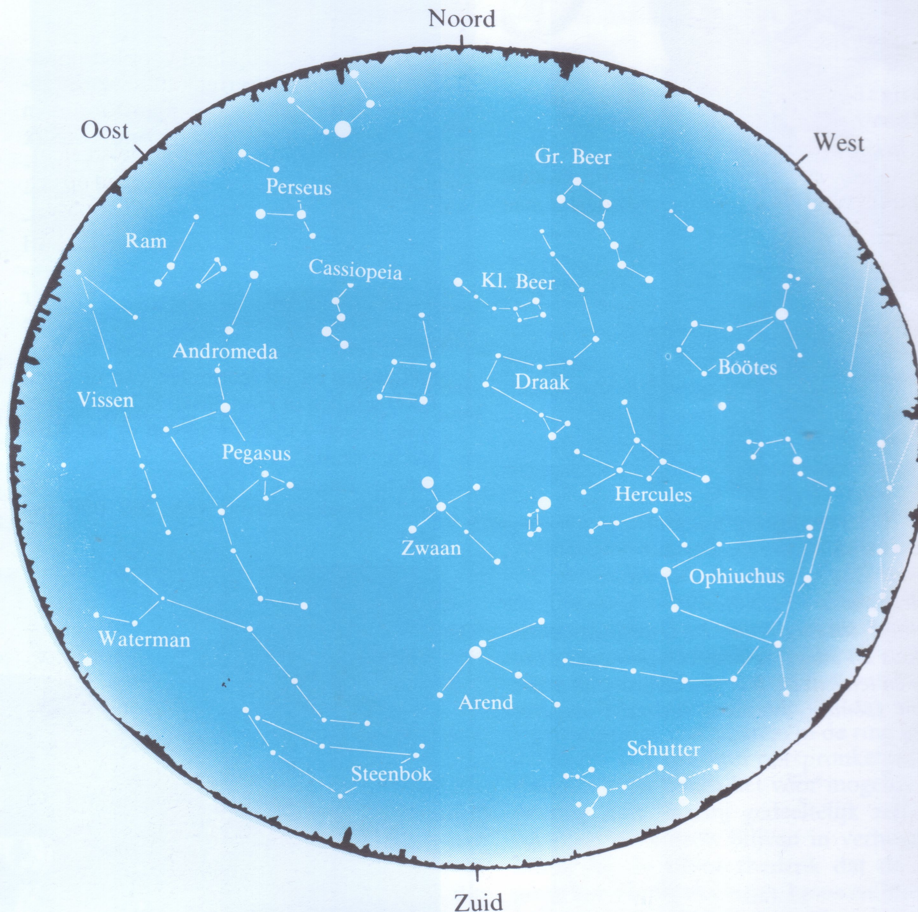
Planeten

Op 3 juli bereikt **Mercurius** haar grootste *oostelijke* elongatie van 25° 54′ en is derhalve 's avonds na zonsondergang boven de noord-westelijke horizon te vinden.
Op 31 juli is de kleine binnenplaneet in benedenconjunctie met de zon.
Een paar weken later, op 19 augustus bereikt Mercurius haar grootste *westelijke* elongatie van 18°36′ en is daardoor gedurende de laatste twee weken van augustus 's morgens kort voor zonsopkomst boven de oostelijke horizon te vinden.

Venus kan alleen de eerste weken van juli nog 's morgens vroeg boven de noordoostelijke horizon met een binoculair gevonden worden. Daarna staat de planeet te dicht bij de zon aan de hemel om waargenomen te kunnen worden.

De planeet **Mars** is deze maanden 's morgens voor zonsopkomst aan de zuidoostelijke hemel te vinden en doorloopt de sterrenbeelden Stier, Tweelingen en Kreeft.
Door de grote afstand tot de aarde is de rode planeet echter geen ideaal waarnemingsobject; zijn schijnbare diameter neemt in deze maanden toe van 4,4 tot 5,3 boogseconden.
Conjuncties met de maan vinden plaats op 20 juli te 12 h, 18 augustus te 08 h en 16 september te 03 h; op alle genoemde tijdstippen staat Mars 5° ten noorden van de maan.

Jupiter is op 13 augustus in conjunctie met de zon en derhalve rond deze datum niet zichtbaar. In september komt Jupiter 's morgens weer uit de ochtendschemering te voorschijn: op 4 september is de elongatie 16° en op 24 september 31°.
Op 18 september te 22 h is de planeet in conjunctie met de maan, de laatste staat dan 2° ten zuiden van de planeet; uiteraard moet deze samenstand in de vroege ochtend van de 19e september bekeken worden.
Op 26 september te 14 h is er een conjunctie met Regulus, de helderste ster van het sterrenbeeld Leeuw; de planeet staat dan 20 boogminuten ten noorden van de ster. Deze samenstand kan in de vroege ochtend van de 26e september bekeken worden, de planeet staat dan nog iets ten westen van de ster.



Bovenstaand kaartje geeft de planeetloze sterrenhemelweer zoals die zich aan ons vertoont op 15 juli te 02 h MEZT, 15 augustus 24 h MEZT en 15 september te 22 h MEZT.

Saturnus is op 10 september in conjunctie met de zon en daardoor alleen nog in het begin van juli 's avonds boven de noordwestelijke horizon te vinden.
Titan, de helderste Saturnussatelliet, bereikt op 1 juli haar grootste oostelijke en op 9 juli haar grootste westelijke elongatie.

Helderheidsminima Algol

10 juli	1 h 54 m
30 juli	3 h 36 m
2 aug.	0 h 24 m
22 aug.	2 h 06 m
24 aug.	22 h 54 m
8 sep.	6 h 54 m
11 sep.	3 h 48 m
14 sep.	0 h 36 m
16 sep.	21 h 24 m

Maan

E.K.	2 juli	17 h 24 m MEZT
V.M.	9 juli	21 h 59 m
L.K.	16 juli	12 h 59 m
N.M.	24 juli	3 h 41 m
E.K.	1 aug.	7 h 57 m
V.M.	8 aug.	5 h 21 m
L.K.	14 aug.	21 h 02 m
N.M.	22 aug.	19 h 11 m
E.K.	30 aug.	20 h 09 m
V.M.	6 sep.	12 h 59 m
L.K.	13 sep.	8 h 15 m
N.M.	21 sep.	11 h 47 m
E.K.	29 sep.	6 h 20 m

Amateurs fotograferen (en tekenen)

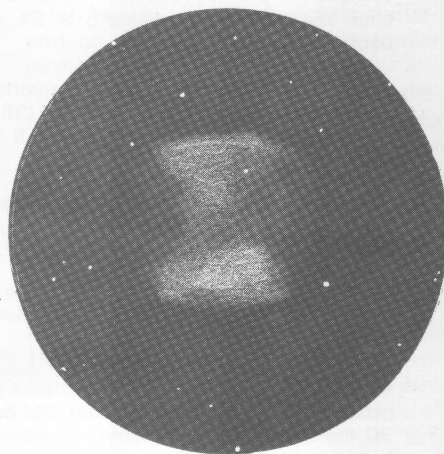
Nevels getekend

De Belgische amateur Leo Aerts (Heist-op-den-Berg) stuurde ons enkele reprodukties van deep-sky objecten, gekozen uit de vele visuele waarnemingen uit zijn waarnemingsboek. De tekeningen werden gemaakt aan de hand van visuele waarnemingen met een 10-cm f/15 Polarex-refractor of met een 14 × 100 binoculair (vergroting 14 maal, opening 100 mm). De waarnemingen werden steeds gedaan bij zeer transparante lucht en zonder de aanwezigheid van storende lichtbronnen.

Fig. 1 toont de Andromedanevel (M 31) met zijn twee elliptische begeleiders (nabij de onder- en de bovenrand). In het buitenste deel rechts is een duidelijke condensatie zichtbaar. De tekening werd gemaakt op 26 augustus 1978 met de binoculair.

Fig. 2 toont de Halternevel (M 27) in het sterrenbeeld Vulpecula (Vos). Doordat visueel alleen de allerhelderste delen zichtbaar zijn lijkt dit object nu inderdaad op een halter. Op foto's worden ook de lichtzwakkere delen zichtbaar, waardoor de nevel dan meer op een zeepbel gaat lijken (tekening op 16 juli 1977 met de refractor bij een vergroting van 120 maal).

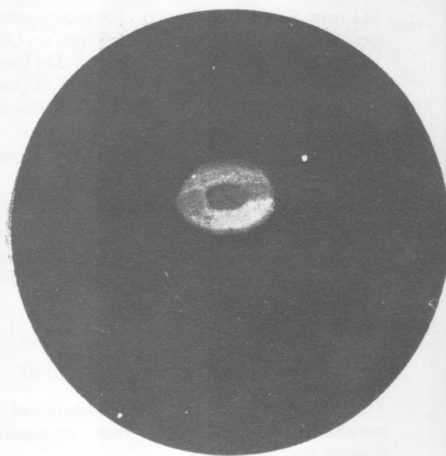
Fig. 3 toont de overbekende Ringnevel (M 57) in het sterrenbeeld Lier. De nevel is duidelijk afgeplat en aan één zijde helderder dan aan de tegenoverliggende zijde; de centrale ster is niet te zien (tekening op 2 april 1978 met de refractor bij een vergroting van 166 maal).



Figuur 2



Figuur 1



Figuur 3

Aldebaranbedekking van 9 januari 1979

Op 9 januari 1979 vond er van 16^h57^m tot 17^h47^m UT opnieuw een bedekking van Aldebaran door de maan plaats. De linker foto toont de ster 1 seconde vóór het verdwijnen achter de donkere maanrand; de rechter foto laat Aldebaran zien 1 minuut na het verschijnen vanachter de verlichte maanrand. De opnamen werden gemaakt door Leo Aerts en Frans van Loo met een 10-cm f/15 refractor op Tri-X film. De belichtingstijden bedroegen resp. 1 s (de belichting werd onderbroken door de bedekking van Aldebaran) en 3 s. Deze bedekking was er een van een reeks die in januari 1978 begon en tot april 1981 zal duren (zie ook Zenit 1978, p. 475 en 1979, p. 43 en 83).







Sterretjes

Kleine niet commerciële advertenties.
Abonnees: gratis; Voor niet-abonnees *f* 5,00 voor de eerste 10 regels of gedeelte daarvan, elke regel meer *f* 0,50.

Te koop aangeboden:

Wegens beëindiging hobby, Japanse refractor, z.g.a.n., weinig gebruikt, par. montering met oculairen. Or 6 mm, Or 12.5 mm, K 9 mm, K 25 mm, zenitprisma, zoeker 5 × 25, houten statief, zeer stabiel, nieuwwaarde (in 1977) plm. *f* 1500,–, afgehaald *f* 950,–, H. Putters, Joh. Karmanhof 14, Amersfoort, tel. 033-15057.

In het volgende nummer van Zenit

DE AARDE

Een speciaal dubbelnummer, geheel gewijd aan de planeet die wij bewonen. In een tiental artikelen wordt ingegaan op het ontstaan van de aarde, de huidige activiteiten in de aardkorst, het ontstaan van het leven, de vorm van de aarde, carthografie, de oceanen, het ontstaan van wolken, de warmtehuishouding, aardonderzoek met kunstmanen en de aarde als radiobron gezien vanaf de sterren. Het dubbelnummer zal half augustus moeten verschijnen.

∗ Enkele exemplaren van het boek van Professor Delsemme: 'Comets, Asteroids, Meteorites. Interrelations, evolution and origins'. (Zie voor een boekbespreking Sky and Telescope, febr. 1979, pag. 173 e.v.). De prijs is *f* 71,– per stuk, incl. verzendkosten, te voldoen door storting op postgiro 3202620 t.n.v. R. J. Bouma, Nijmegen (tel. 080-558833, toestel 2184 – op werkdagen).

∗ Zware parall. montering op stabiel houten statief. Assen ∅ 35 mm, kogellagers, fijnbeweging + volgmotor *f* 150,–. Achromaat: ∅ 150 mm, F = 2000 mm, fabrikaat Oude Delft; gekit, zonder vatting *f* 350,–.
J. W. A. Sanders, Hoenderloostraat 40, 2573 RN 's-Gravenhage, tel. 070-465810.

∗ Binoculair 11 × 80 (Veld 4,5°) met statiefklem, en lederen tas. Als nieuw *f* 390,–. C. H. M. Kwakman, Gravelandstraat 82, Volendam, tel. 02993-64411.

∗ Zoeker 12 × 50 met scherpstellen d.m.v. schroefdraad. Idem met zenitprisma. Per stuk *f* 95,– incl. bevestigingsbeugels. Glasschijf ∅ 305 mm., dik 35 mm. *f* 75,–. Zenit prisma voor 32 mm. oc. *f* 28,–. St. Matthijsstraat 8, Hoorn, tel. 02290-15255.

∗ 'Wegens ongunstige gebruikomstandigheden in één koop aangeboden: Complete Celestron 200 mm. telescoop met coatings; beide assen electr. aangedreven; zware duitse montering; vol-automatische fotoelectrische- en knuppelbesturing; vele accessoires voor o.a. astrofotografie van nevels en zon. Alles nieuw of z.g.a.n.
S. L. Simons – tel. 010-760492.'

∗ 60 mm Polarex refractor F 90 cm; parallaktische montering, incl. zoeker op stevig houten statief. Zonder oculairen. Prijs *f* 375,–. Van Rooijen, Provincialeweg 44, Ingen. Tel. 03443-1572.

∗ Refraktor merk 'Steinheil', D = 120 mm., f = 1800 mm. Op originele parallaktische montering en zuil. Compleet met mechanische aandrijving en veel accessoires. Prijs *f* 3950,– A. Matthijs, Past. Baltesenstraat 1, 5941 CG Velden. Tel. 04702-2010.

∗ Polarex refractor D = 75 mm, F = 1200 mm, type NS 131 met uur- en declinatiecirkels en parallactische montering op verrijdbare zuil. Electrische synchroonaandrijving. Alles in perfecte staat. Oculairen 12,5 mm, 25 mm, 18 mm, 9 mm. Zenitprisma, Omkeerprisma, Zoeker 8 × 30 mm. Prijs F 1100,– H. Munsterman Rozenstraat 11 7943 AH MEPPEL

CARTON – 11 cm spiegeltelescoop. F = 900 mm; oculairen H = 6 en H = 20 mm. Prijs *f* 450,– A. Borstlap, Koningslaan 23 – Utrecht. Tel. 030-517188.

∗ **Diversen**

∗ Gezocht: kamer in Utrecht of omgeving, voor 1e jaars ASTRONOMIE student. J. S. H. R. Smeets, Odasingel 39, Sittard. Tel.: 04490-14205.

∗ **Sterrenkunde: Wilt U er meer van weten?**

Informeer dan eens naar onze
∗ Speciale kursussen voor beginners
∗ Diverse vervolg-kursussen

Voor individuele deelnemers en groepen.

Bij voldoende deelnemers kán een kursus in Uw eigen omgeving gegeven worden.

'GALAXIS' Herman Moerkerklaan 57.
5246 GF Rosmalen/Hintham-Z.
tel.: 073-418894.